Deste modo uma característica experimental correspondente a uma resistência R em série, é constituída por um conjunto de pontos das característica teóricas correspondentes aos valores $R_{eq} = R + R_{Fe}$, em que $R_{éq}$ toma o valor correspondente ao estado considerado.

Conhecendo uma família de características teóricas $E_{kef} = f\,(I_{ef})_R$ e a lei de variação $R_{eq} = f\,(I_{ef})_R$ é possível determinar a partir dessas características as características experimentais correspondentes a um valor R da resistência em série.

Admitindo a relação aproximada

$$f\,(I_{ef})_R \simeq f\,(I_{ef})_{R1} + R - R_1$$

equivale a admitir-se que a lei de variação

$$R_{Fe} = g\,(I_{ef})$$

é independente de R

Conhecida esta lei de variação seria então simples obter a correspondência entre as características teóricas e experimentais.

O ponto teórico ($E_{k\,ef}$, I_{ef}, R_t) representaria um ponto experimental ($E_{k\,ef}$, I_{ef}, R_e) em que:

$$R_e = R_t - R_{Fe} = R_t - g\,(I_{ef})$$

Representando R_e o valor da resistência em série com a bobina e a capacidade.

É um modo simplista de encarar o problema mas que, como se viu, conduz a resultados satisfatórios.

Não nos ocupamos deste problema, nem discutimos a lei de variação $R_{Fe} = g\,(I_{ef})$, limitamo-nos a assinalá-lo e a constatar experimentalmente que $R_{Fe} = g\,(I_{eg})$ varia pouco com a resistência R.

Serviram pois estas considerações para explicar as diferenças observadas entre a teoria e os resultados experimentais.

Devendo notar-se que o conhecimento teórico duma lei de variação $R_{eq} = f\,(I_{ef})_R$ permitiria, como o atestam os resultados obtidos, uma análise muito satisfatória do circuito considerado.

Oscilogramas

Apresentamos agora alguns oscilogramas correspondentes a $R = 0\ \Omega$ e $R = 13{,}5\ \Omega$.

As fotografias correspondentes a $R = 0\ \Omega$ estão anotadas pelo número (N).

As fotografias correspondentes a $R = 13{,}5\ \Omega$ anotam-se pelo número (Na).

Oscilografamos as seguintes grandezas:

φ, i, e_C, e_B, e_k e a potência p

Para cada caso obtivemos duas séries de oscilogramas:

1) A primeira representa um estado de equilíbrio na vizinhança de E_{kml}, isto é, um estado da 1.ª zona crescente no limiar da 1.ª descontinuidade.

2) A segunda representa o estado de equilíbrio da 2.ª zona crescente após a descontinuidade, correspondente também a E_{kml}.

* * *

1) $R = 0$.

Fot. (1) Fluxo no limiar da descontinuidade, pràticamente sinusoidal. No quadro de valores n. (10) calculou-se teòricamente $p_{\varphi 3} = 1\,\%$ $p_{\varphi 5} = 0{,}08\,\%$.

Fot. (2) Fluxo após a descontinuidade. Quase simétrico, perdas no ferro desprezáveis.
Forma triangular prevista $p_{\varphi 3} = 9{,}3\,\%$ $p_{\varphi 5} = 1{,}3\,\%$.

Fot. (3) Corrente após a descontinuidade, apresenta-se quase simétrica e com elevada percentagem de harmónicas $pi_3 = 57{,}5\,\%$ $pi_5 = 23{,}9\,\%$.

Fot. (4) Tensão e corrente antes da descontinuidade.
Corrente muito deformada, pois que nesta região a resistência equivalente às perdas no ferro é elevada $R_{Fe} \simeq 60\ \Omega$. Fundamental da corrente quase em quadratura e atraso em relação a e_k.

Fot. (5) Tensão e corrente após a descontinuidade.

A fundamental da corrente está pràticamente em quadratura e avanço em relação a e_k.

A tensão e_k está deformada devido à queda interna no auto-transformador.

Fot. (6) Tensão, corrente e potência após a descontinuidade.

Fot. (7) e_B, e_C, e_k antes da descontinuidade:

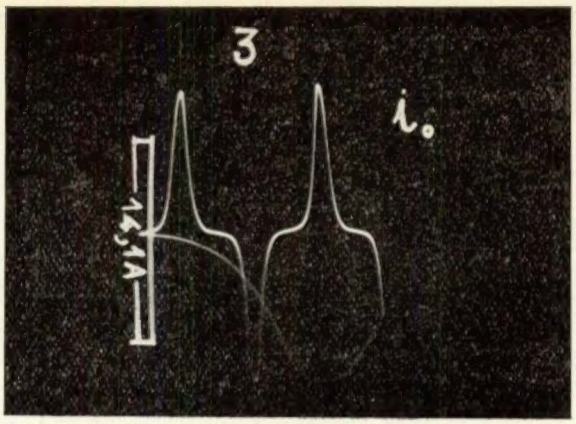
e_{BI} em fase com e_k, e_{CI} em oposição com e_k.

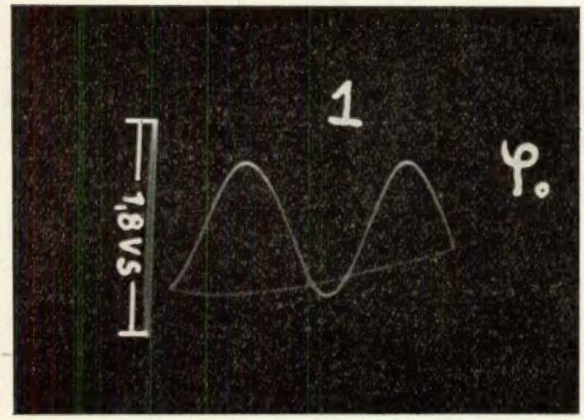
Fot. (8) e_B, e_C, e_k, depois da descontinuidade:

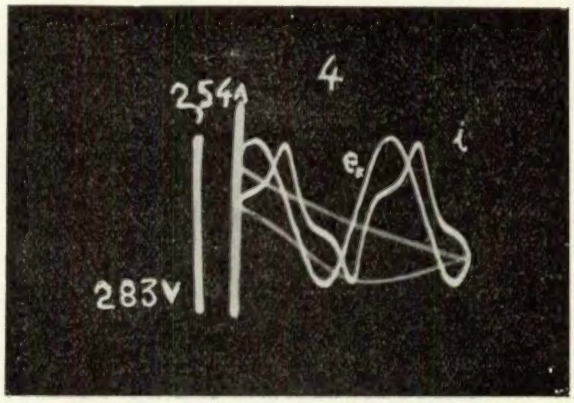
e_{BI} em oposição com e_k, e_{CI} em fase com e_k.

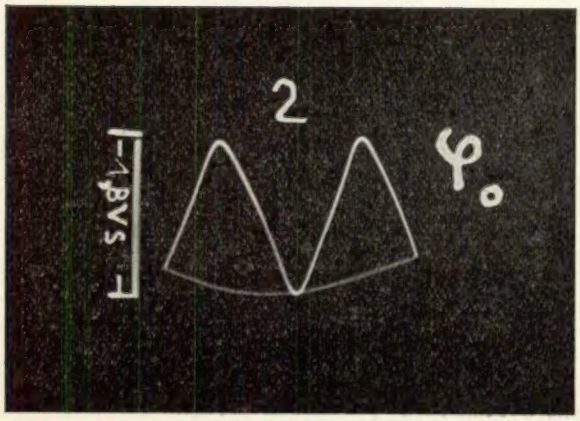
Nota-se a grande sobretensão (7) → (8) no condensador.

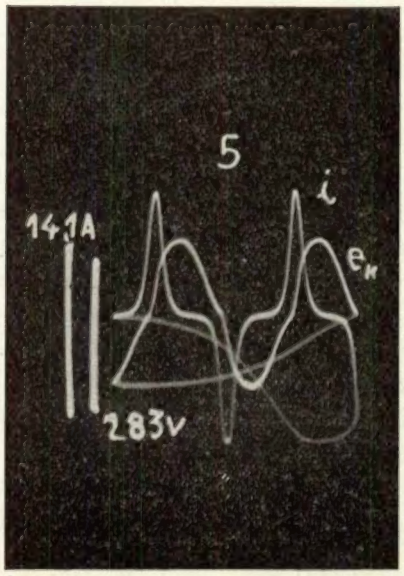
Nota-se também que a sobretensão na bobina é muito menor.

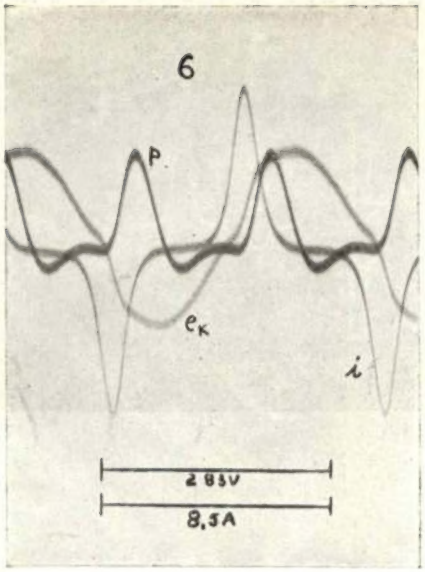


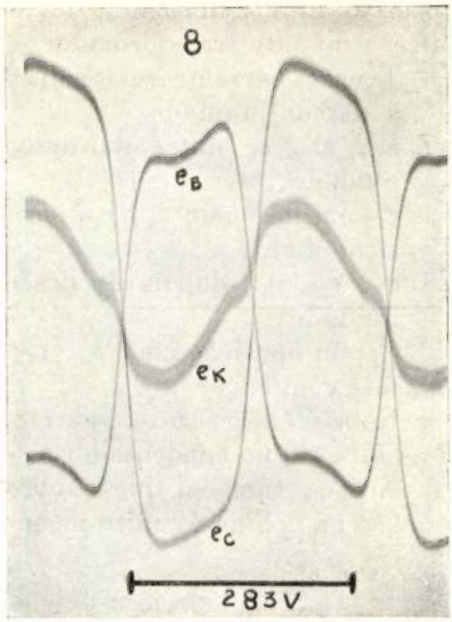


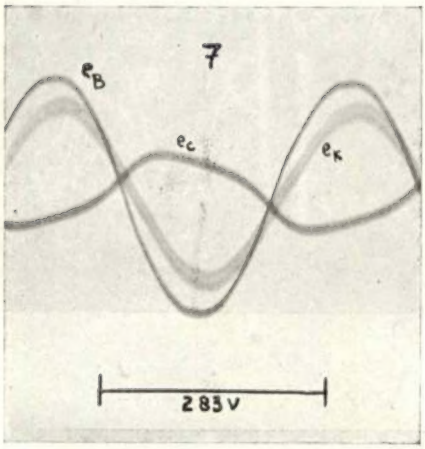












2) $R = 13{,}5\ \Omega$

Antes de apresentar estas fotografias convém examinar as expressões dos valores instantâneos das grandezas consideradas.

A corrente após a descontinuidade vale 3,76 A.

A resistência equivalente vale $R_{eq} = 20\ \Omega$ $\varepsilon = 0{,}32$.

Nós determinamos um ponto muito próximo deste:

(Quadro n.º 14) $\varepsilon = 0{,}32$ $x_1 = 0{,}825$ V.S

$E_{kef} = 94{,}6$ V. $I_{ef} = 3{,}86$ A.

Dos diagramas vectoriais correspondentes às equações (6) e (7) é fácil obter-se as seguintes expressões:

1) $e_k = E_k \text{ sen } (\omega t + \delta)$

2) $\varphi = \Phi_1 \text{ sen } (\omega t) + \Phi_3 \text{ sen } (3\omega t + \pi + \delta_3)$

3) $i = I_1 \text{ sen } (\omega t + \psi) + I_3 \text{ sen } (3\,\omega t + \pi + \delta_3 - \alpha'_3)$

4) $e_B = E_{B1} \text{ sen } \left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) + E_{B3} \text{ sen } \left(3\omega t + \frac{3\pi}{2} + \delta_3\right)$

5) $e_c = E_{c1} \text{ sen } \left(\omega t + \psi - \frac{\pi}{2}\right) + E_{c3} \text{ sen } \left(3\omega t + \frac{\pi}{2} + \delta_3 - \alpha'_3\right)$

expressões que para o ponto considerado tomam a forma:

1) $e_k = E_k \text{ sen } (\omega t - 13^\circ\ 30')$

2) $\varphi = \Phi_1 \text{ sen } (\omega t) + \Phi_3 \text{ sen } (3\omega t + 249^\circ\ 30')$

3) $i = I_1 \text{ sen } (\omega t + 6^\circ\ 30') + I_3 \text{ sen } (3\omega t + 206^\circ\ 10')$

Tomando outra origem dos tempos será:

$$i = I_1 \text{ sen } \omega t + I_3 \text{ sen } (3\omega t + 186^\circ\ 40')$$

Verifica-se portanto que a forma da onda da corrente é quase simétrica.

4) $e_B = E_{B1}$ sen $(\omega t + 90°) + E_{B3}$ sen $(3\omega t + 270° + 69° 30')$

Escolhendo outra origem dos tempos:

$e_B = E_{B1}$ sen $\omega t + E_{B3}$ sen $(3\omega t + 69° 30')$

5) $e_c = E_{c1}$ sen $(\omega t + 6° 30' - 90°) + E_{c3}$ sen $(3\omega t + 206° 10' - 90°)$

Escolhendo outra origem dos tempos:

$e_c = E_{c1}$ sen $(\omega t) + E_{c3}$ sen $(3\omega t + 6° 40')$

o que nos diz que e_c tem uma forma quase simétrica e achatada.

Examinemos agora as fotografias correspondentes:

Fot. (1 a) Fluxo no limiar da descontinuidade, quase sinusoidal.

Fot. (2 a) Fluxo após a descontinuidade, deformado segundo o modo previsto e de acordo com expressão obtida na alínea 2).

Fot. (3 a) Corrente após a descontinuidade, nota-se que é quase simétrica como se previu na alínea 3).

Fot. (4 a) Corrente e tensão no limiar da descontinuidade.

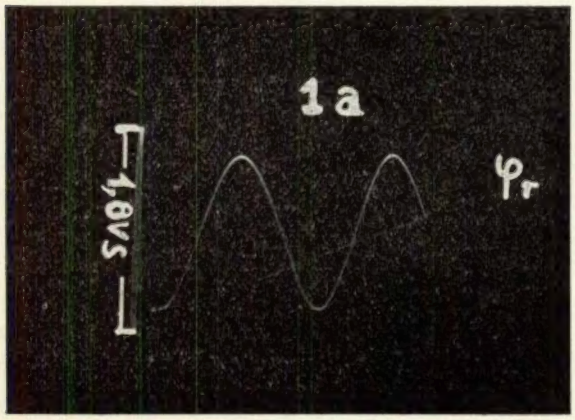
Fot. (5 a) Corrente e tensão após a descontinuidade.

Das alíneas 1) e 3) conclui-se que a fundamental da corrente está em avanço $(13° 30' + 6° 30')$ em relação a e_k.

Verifica-se imediatamente que o oscilograma de (5 a) está de acordo com esta desfasagem.

Fot. (6 a) Tensão, corrente e potência.

Fot. (7 a) e_B, e_c, e_k antes da descontinuidade.

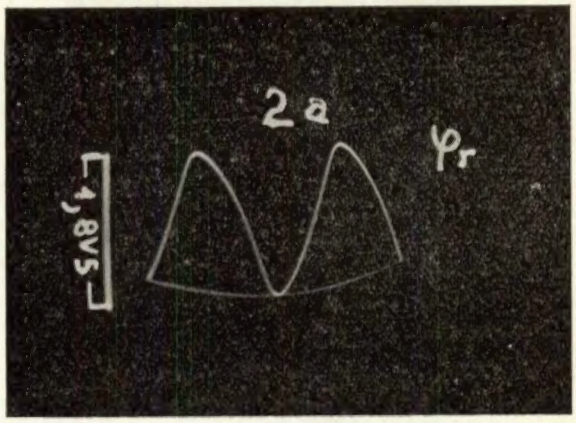


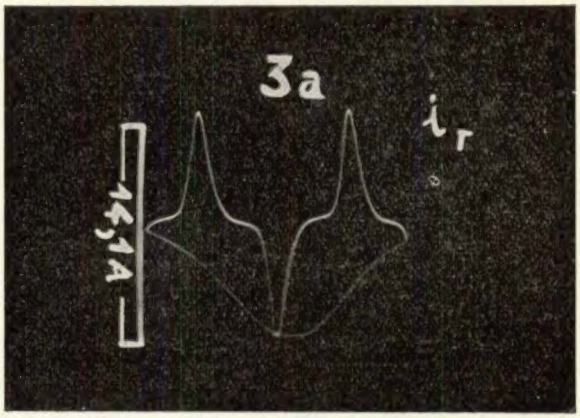
Fot. (8 a) Também este oscilograma está de acordo com os resultados das alíneas 4) 5).

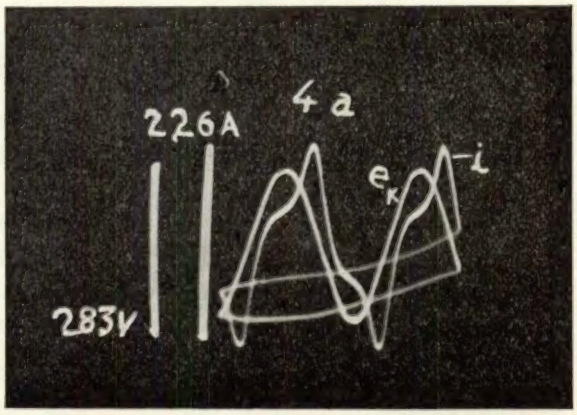
Nas alíneas 1) 4) conclui-se que e_{B1} está em avanço e quase em quadratura com e_k.

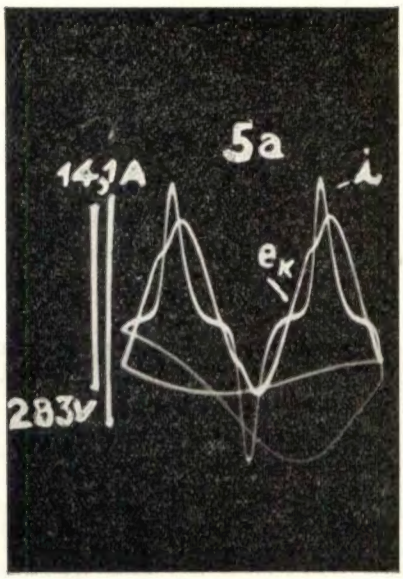
De 1) 5) conclui-se que e_{c1} está em atraso e quase em quadratura com e_k.

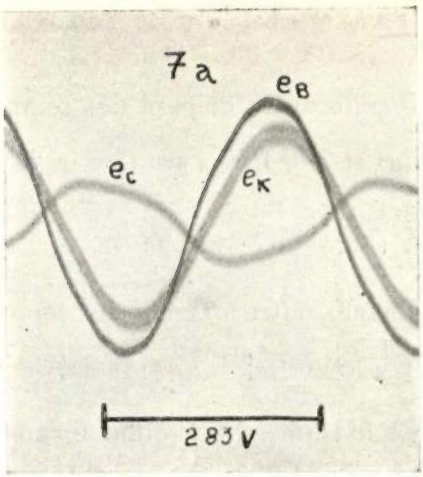
As formas de e_c, e_B estão de acordo com os resultados obtidos.

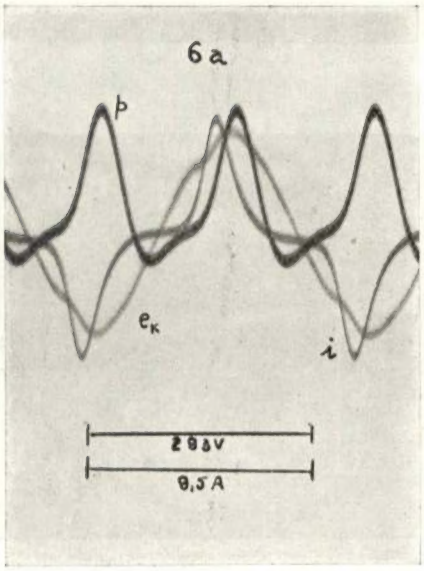


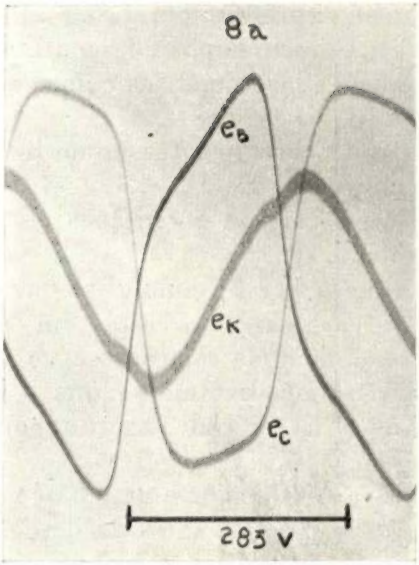












17 — Considerações finais

Terminamos aqui a 1.ª parte do nosso trabalho, que aliás representa a quase totalidade do mesmo.

Faremos agora, numa 2.ª parte, referência breve a um processo aproximado de analisar o circuito considerado e que é vulgar. Numa 3.ª parte daremos um exemplo concreto dum caso prático e bibliografia onde se podem encontrar exemplos semelhantes.

* * *

Ocupamo-nos durante o nosso trabalho do regime forçado do «circuito oscilante com bobina de núcleo de ferro saturado», tendo-se definido no início deste trabalho o tipo de soluções consideradas.

Consideramos sòmente as soluções a que correspondem funções periódicas em que:

1) A pulsação da fundamental é igual pulsação ω da tensão e_k.

2) As amplitudes das harmónicas são decrescentes, podendo-se tomar como finito o respectivo desenvolvimento.

$$A\,n < A\,p \quad \text{para} \quad n > p$$

$$\lim_{n=\infty} An \to 0$$

Tomando-se em consideração apenas (A_1, A_3, A_5) e nalguns casos (A_1, A_3).

* * *

Das aplicações feitas podemos concluir que:

1) Os desprezos das harmónicas de ordem superior (A_7, A_9...) e por vezes (A_5, A_7...) é lícito, tendo-se obtido soluções que satisfazem com suficiente rigor as equações diferenciais que regem o comportamento do circuito.

2) Que as soluções determinadas coincidem com os resultados experimentais.

* * *

Experimentalmente encontramos apenas soluções do tipo considerado.

Sabemos, contudo, que circuitos deste tipo podem apresentar regimes permanentes a que correspondem funções periódicas em que a pulsação da fundamental é um sub-múltiplo da pulsação ω de e_k, ou em que a harmónica da ordem n apresenta uma amplitude muito maior que a harmónica correspondente à pulsação ω.

Estes regimes são estudados respectivamente sob o título de «multiplicação e desmultiplicação de frequência».

Mas pelas experiências feitas podemos concluir que não se manifestam expontaneamente pelo menos dentro das saturações atingidas, da ordem dos 16.500 gauss.

O seu aparecimento deverá ser provocado ou por um artifício ou corresponde a um domínio de inducções mais altas.

Sobre este assunto recomenda-se a consulta do trabalho de Dehors publicado na «Revue Gén. d' Electricité — Nov. — 1947.

Deste modo as soluções consideradas representam aquelas que se encontram com mais frequência e portanto as que interessa considerar no estabelecimento brusco de sobretensões.

* * *

Para o estudo completo das soluções possíveis, ter-se-ia que resolver as equações diferenciais:

$$\frac{d^2 \varphi}{du^2} + \alpha\,\varphi + \beta\,\varphi^5 = \Phi_k \operatorname{sen} u$$

$$\frac{d^2 \varphi}{du^2} + \varepsilon \frac{d}{du}(\alpha\varphi + \beta\varphi^5) + \alpha\,\varphi + \beta\,\varphi^5 = \\ = -\Phi k \operatorname{sen}(u + \delta)$$

equações cujas soluções gerais não encontramos, nem conhecemos actualmente literatura em que se encare o problema de modo completo.

A análise de equações deste tipo seria de grande utilidade não só para este tipo de circuitos mas ainda para outros problemas relacionados com diversos ramos da Engenharia.

* * *

Queremos ainda notar que o regime livre do circuito considerado pode ser analisado com suficiente rigor fazendo uso da «Teoria das funções hiperelípticas».

No caso correspondente a $R = 0$, a solução para $E_k = 0$ traduz o regime livre para o qual a pulsação da fundamental de qualquer das funções, φ, i, e_B, etc., é igual a ω, pulsação de e_k.

Sendo fácil concluir-se que existindo resistência, e existe sempre a resistência equivalente às perdas no ferro, os regimes livres deste circuito são amortecidos não só em amplitude como em frequência, quando na ausência de qualquer f. e. m. o circuito dissipa energia inicialmente armazenada no condensador.

II PARTE

1 — Determinação gráfica da característica

$$E_{k\,ef} = f(I_{ef})_R$$

A característica $E_{k\,ef} = f(I_{ef})$ pode obter-se aproximadamente se não tomarmos em consideração a existência de harmónicas.

Este desprezo, que simplifica bastante a determinação de $E_{k\,ef} = f\,(I_{ef})$ conduz a resultados satisfatórios que permitem, em presença dum caso prático, concluir com rapidez da possibilidade ou não do fenómeno que vimos considerando, isto é, existência de mais dum estado de equilíbrio para um mesmo valor de $E_{k\,ef}$.

Precisamos apenas do conhecimento da característica de magnetização da bobina.

$$E_{B_{ef}} = f\,(I_{ef}) \qquad (1\ b)$$

As equações que regem o circuito serão em valores eficazes

$$E^2_{R_{ef}} + [E_{B_{ef}} - E_{C_{ef}}]^2 = E^2_{K_{ef}} \qquad (2\ b)$$

onde

$$E_{R_{ef}} = R\ I_{ef}$$

$$E_{C_{ef}} = \frac{1}{\omega\,C}\,I_{ef}$$

A resolução do sistema (1 b, 2 b) pode fazer-se, gràficamente, do seguinte modo:

1) Traçamos a curva $E_{B_{ef}} = f\,(I_{ef})$ (1 b)
2) Traçamos a recta $E_{C_{ef}} = \frac{1}{\omega\,C}\,I_{ef}$ (3 b)
3) Traçamos uma recta $E_{R_{ef}}$

que se obtém de $E_{C_{ef}}$ do modo seguinte:

Seja $P_C\,(I_{ef})$ um ponto de $E_{C_{ef}}$ correspondente à corrente de valor I_{ef}.

Obtém-se o ponto correspondente de E_R, P_R, fazendo uma translacção horizontal de valor $R\,I_{ef}$ no sentido dos I_{ef} decrescentes.

Então para obtermos $E_{K_{ef}} = f\,(I_{ef})$ procedemos do seguinte modo

1) Consideramos um valor da corrente I_{ef}
2) Consideramos o ponto correspondente da recta $E_{C_{ef}}\,P_C$
3) Consideramos o ponto correspondente da curva $E_{B_{ef}}\,P_B$
4) Consideramos o ponto correspondente da recta $E_{R_{ef}}\,P_R$

É fácil de ver que a distância $\overline{P_B\,P_R}$ representa a tensão $E_{K_{ef}}$

De facto

$$\overline{P_B\,P_C} = E_{B_{ef}} - E_{C_{ef}}$$

$$\overline{P_C\,P_R} = E_{R_{ef}}$$

portanto

$$\overline{P_B\,P_R} = E_{K_{ef}}$$

Quando $R = 0$ basta subtrair as ordenadas de (1 b) (3 b).

Os resultados obtidos podem melhorar se tomarmos em atenção certas correcções que têm por fim compensar o facto de não considerarmos as harmónicas.

De facto, devido à existência de harmónicas, o valor eficaz da tensão e_C não se pode obter de I_{ef} multiplicando-o por $\frac{1}{\omega\,C}$ pois que:

$$\frac{E_{C_{ef}}}{I_{ef}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{I_1}{\omega\,C}\right)^2 + \left(\frac{I_3}{3\,\omega\,C}\right)^2 + \dots}}{\sqrt{I_1^2 + I_3^2 + \dots}} =$$

$$= \frac{1}{\omega\,C}\sqrt{\frac{1 + pi_3^2 \cdot \frac{1}{9} + \dots}{1 + pi_3^2 + \dots}}$$

Assim tudo se passa como se a reactância diminuissse.

Ora nós não sabemos à priori as percentagens pi_3, pi_5, mas sabemos que a corrente apresenta percentagens pi_3 e pi_5 superiores às da corrente de magnetização da bobina quando alimentada directamente por uma tensão sinusoidal. Deste modo, podemos entrar com uma reactância corrigida tomando para pi_3, e pi_5, as percentagens limites da corrente de magnetização que, no caso considerado e sempre que a relação (2) for da forma $i = a\varphi + b\varphi^5$ serão respectivamente 50 % e 10 %.

Para fracas saturações temos percentagens inferiores a estes valores; para altas saturações temos percentagens superiores, obtendo-se uma recta E_{Cef} que corta portanto a característica $E_{Cef} = f\,(I_{ef})$ que, na realidade, não é uma recta. Se não fizesse-

mos esta correcção obtínhamos uma recta que seria tangente na origem a $E_{Cef} = f(I_{ef})$ o que conduziria a valores exageradosde E_{Cef}.

Para

$$p_{i3} = 0{,}5 \qquad \frac{E_{Cef}}{I_{ef}} = 0{,}9 \cdot \frac{1}{\omega C}$$
$$p_{i5} = 0{,}1$$

a construção consiste em tomar uma reactância equivalente

$$\frac{1}{\omega C_e} = 0{,}9 \frac{1}{\omega C}.$$

2 — Aplicação. Construção das características $E_{kef} = (I_{ef})_R$

Na fig. (20) apresentamos uma aplicação do método.

Para

$$C = 50{,}5\ \mu F \qquad f = 50\ H_3$$

tomamos a reactância equivalente

$$\frac{1}{\omega C_e} = 0{,}9 \frac{1}{\omega C} = 56\ \Omega$$

1.º — Construimos

$$E_{k_{ef}} = f(I_{ef})_R$$

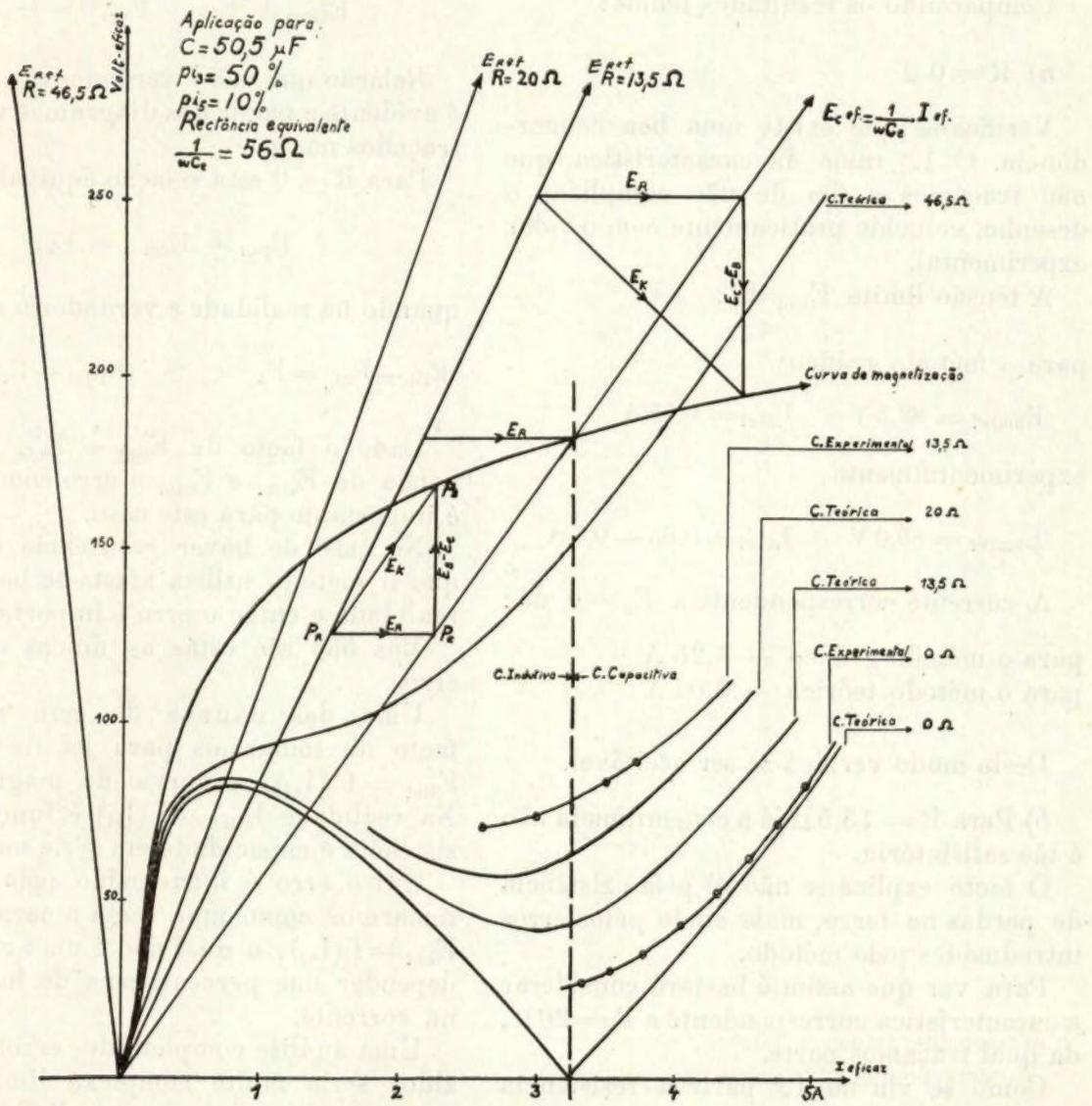


Fig. 20

para

$$R = 0\,\Omega\,, \quad R = 13{,}5\,\Omega \quad \text{e} \quad R = 46{,}5\,\Omega$$

que representam 3 casos típicos:

a) Circuito sem resistência

b) Circuito com resistência em que existe discontinuidade

c) Circuito sem resistência onde não existe discontinuidade.

2.º — Traçamos os 2.os ramos crescentes das características experimentais para:

$$R = 0\,\Omega \qquad R = 13{,}5\,\Omega$$

Comparando os resultados temos:

a) $R = 0\,\Omega$

Verifica-se que existe uma boa concordância. O 1.º ramo da característica, que não traçámos a fim de não complicar o desenho, coincide pràticamente com o valor experimental.

A tensão limite E_{kml} dá:

para o método gráfico

$$E_{kmlef} = 82{,}5\,V \qquad I_{mlef} = 0{,}75\,A$$

experimentalmente

$$E_{kmlef} = 85{,}0\,V \qquad I_{mlef} = 0{,}65 - 0{,}7\,A$$

A corrente correspondente a $E_k = 0$ dá:

para o método gráfico — 3,25 A
para o método teórico — 3,04 A

Deste modo verifica-se ser aceitável.

b) Para $R = 13{,}5\,\Omega$ já a concordância não é tão satisfatória.

O facto explica-se não só pela existência de perdas no ferro, mais ainda pelos erros introduzidos pelo método.

Para ver que assim é bastará considerar a característica correspondente a $R = 20\,\Omega$, da qual traçamos parte.

Como se viu na 1.ª parte a resistência equivalente, R_{eq}, era para a característica experimental $R = 13{,}5\,\Omega$, cerca de $20\,\Omega$ para correntes da ordem de 3 a 4 A., tendo-se verificado que utilizando este valor da resistência os valores de $E_{k\,ef}$ determinados teòricamente coincidiam muito satistòriamente com os valores experimentais. Aqui já não se nota uma concordância tão perfeita devendo-se este desvio, portanto, aos erros introduzidos pelo método utilizado.

Analisemos portanto esses erros, a partir dos resultados teóricos.

3 — Erros introduzidos pelo método gráfico

O método utiliza a relação:

$$E^2_{Ref} + [E_{Bef} - E_{cef}]^2 = E^2_{kef}$$

Relação que não é verdadeira, o que aliás é evidente a partir dos diagramas vectoriais traçados na fig. 6.

Para $R = 0$ esta relação equivale a:

$$|\,E_{Bef} - E_{cef}\,| = E_{kef}$$

quando na realidade a verdadeira relação é:

$$|E_{Bl} - E_{cl}| = E_k \quad <> \quad |E_{Blef} - E_{clef}| = E_{kef}$$

Dado o facto de E_{Bef} e E_{cef} diferirem pouco de E_{Blef} e E_{clef} o erro cometido não é importante para este caso.

No caso de haver resistência a relação que o método utiliza afasta-se bastante da realidade e então o erro é importante.

Mas não são estas as únicas causas de erro.

Uma das causas de erro reside no facto de tomarmos para lei de variação $E_{Bef} = f\,(I_{ef})_R$ a curva de magnetização. Na realidade $E_{Bef} = f\,(I_{ef})$ é função da resistência e capacidade em série no circuito.

Outro erro é introduzido pelo facto de tomarmos como uma recta a característica $E_{cef} = f\,(I_{ef})$, a qual não é uma recta e vai depender das percentagens de harmónicas na corrente.

Uma análise completa dos erros introduzidos seria muito complexa limitamo-nos a examinar a partir dos resultados teóricos os erros cometidos.

H. PARRY & SON, L.DA

SEDE: 6, AV. 24 DE JULHO - LISBOA

Telef.: 64187 (4 Linhas) 66065
Teleg.: NAVIOS-LISBOA

CONSTRUÇÕES
E REPARAÇÕES
NAVAIS

DOCAS SECAS

Execução de qualquer trabalho de
mecânica, electricidade, fundição, caldeiraria, forja, soldadura, etc.

DESENHOS
PROJECTOS
ORÇAMENTOS

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

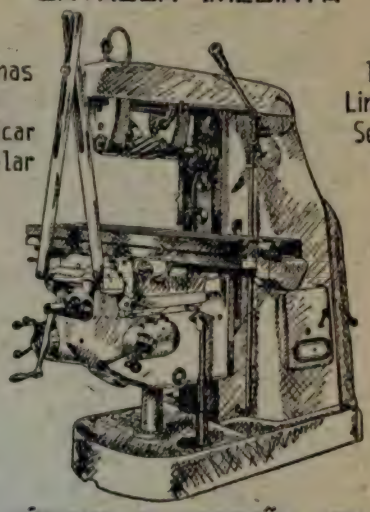
Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

MÁQUINAS DE FRESAR UNIVERSAIS

ENTREGA IMEDIATA

Máquinas de Rectificar Escatelar

Tornos Limadores Serrotes Etc.



MÁQUINAS DE PRECISÃO, LDA.
Rua da Boavista 49-1º

Agentes no Porto
BARBOSA & CARVALHO, LDA.
Rua José Falcão, 61

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651 / 4 2156

TELEG. EPALDA—LISBOA

1) Quadro n.º 10

$R = 0$

$E_{kef} = 102{,}2$ V $\quad I_{ef} = 5{,}35$ A

$E_{cef} = 290{,}0$ V

$E_{Bef} = 196{,}0$ V

$E'_{kef} = E_{cef} - E_{Bef} = 94$ V

Erro relativo $\mu E_k = -8\,\%$

2) Quadro n.º 14

$R = 20\,\Omega$

$E_{kef} = 94{,}6$ V $\quad I_{ef} = 3{,}86$ A

$E_{Ref} = 77{,}2$ V

$E_{cef} = 216$ V

$E_{Bef} = 192$ V

$$E'_{kef} = \sqrt{E_{Ref}^2 + (E_{cef} - E_{Bef})^2} = 81 \text{ V}$$

$$\mu E_k = -14{,}4\,\%$$

Estes erros foram determinados pela expressão:

$$\mu E_k = \frac{E'_{kef} - E_{kef}}{E_{kef}} 100\,\%$$

em que $E_{k\,ef}$ representa o valor de $E_{k\,ef}$ determinado e $E'_{k\,ef}$ aquele que se obteria se o calculássemos utilizando o método gráfico.

Estes erros representam os erros devido ao desprezo das harmónicas, isto é, devido ao facto de usarmos como verdadeiras as relações estabelecidas entre valores eficazes.

Como se vê os erros introduzidos são importantes.

O facto de utilizarmos a curva de magnetização em vez da característica $E_{B\,ef} = f(I_{ef})_{R,C}$ ainda vem modificar estes erros mantendo-se sempre importantes.

Este método tem porém a vantagem de ser muito simples e como para o caso de $R = 0$ os erros são relativamente pequenos segue-se que é útil para num caso prático averiguar dum modo rápido a possibilidade ou não dum circuito dado apresentar o perigo do estabelecimento brusco de sobretensão devido à descontinuidade no valor da corrente quando a tensão $E_{k\,ef}$ ultrapassa $E_{k\,ml\,ef}$.

III PARTE

Importância do circuito considerado nas instalações eléctricas do domínio industrial

Antes de apresentar o exemplo que se segue começaremos por notar que não é usual um circuito em alta tensão com capacidade e bobina em série. Deste modo as circunstâncias em que o fenómeno que estudámos pode suceder serão sempre condições de anormalidade e que portanto poderão ser determinadas por avarias ou por manobras erradas.

Notemos ainda que a capacidade que intervém nos circuitos considerados é quase sempre a capacidade de condutores à terra e que portanto são muito pequenas, donde se conclui imediatamente, a partir do método gráfico que só será possível em alta tensão, sendo aliás aí onde se reveste de maior perigo pelas sobretensões bruscas que se estabelecem entre condutores e a terra o que compromete os isolamentos.

Vamos examinar neste capítulo o grau de importância do fenómeno considerado em instalações eléctricas do domínio industrial.

Começaremos por estabelecer um critério simples que permita, em face dum caso prático, analisar a possibilidade ou não do fenómeno se dar. Seguidamente apresentaremos um exemplo concreto em que este se observa.

Critério de análise

Baseados no método gráfico e considerando apenas o caso de $R = 0$ que vimos ser aquele que conduz a melhores resultados, podemos obter um critério simples de análise.

Examinando a fig. 20 verifica-se que a condição necessária para o fenómeno se dar é que a recta E_{Cef} intersecte a característica de magnetização.

Uma vez que a recta E_{Cef} corte a característica de magnetização verifica-se que a tensão limite E_{kml} aumenta com C, aumen-

tando também as sobre-correntes e sobre-tensões que se observam uma vez que a tensão E_k ultrapasse E_{kml}.

Da figura 20 conclui-se que para a sobre-corrente ser importante é preciso que a intersecção da recta $E_{C\,ef}$ se dê para regiões onde exista já uma saturação acentuada, isto é, para regiões do cotovelo da curva de magnetização e seguintes.

Sendo assim, se conhecermos um ponto da curva de magnetização ($E_{B\,ef}$, I_{ef}) a que corresponda uma saturação já acentuada, podemos conhecer a capacidade a partir da qual o fenómeno se reveste de interesse.

Determina-se esta capacidade pela relação $\frac{1}{\omega C} = \frac{E_{B\,ef}}{I_{ef}}$ que exprime a condição de $E_{C\,ef}$ intersectar a curva de magnetização no ponto considerado.

Para as chapas magnéticas usuais a região a partir da qual se começa a acentuar a curvatura da curva magnetização corresponde aproximadamente a uma saturação de 12.000 Gauss.

Para o nosso caso temos uma curvatura acentuada para 150 volts ao qual corresponde uma indução calculada de 11.500 Gauss.

A intersecção da recta $E_{C\,ef}$ correspondente à aplicação numérica feita equivale a uma indução de 14.000 Gauss.

Posto isto consideremos um exemplo, em que se considera uma montagem em que há a possibilidade do fenómeno se dar.

Exemplo:

Consideremos um transformador de medida de tensão onde se interrompeu a ligação dum dos polos (b) fig. 21.

Através das capacidades representadas teremos um circuito fechado que se representa no esquema equivalente.

C'. que representa a capacidade em relação à terra do enrolamento e da porção de condutor entre o transformador e o polo (b), é muito pequena em relação a C. Deste modo a associação série das duas capacidades vale pràticamente C'.

Antes de analisarmos o circuito considerado, examinemos as características gerais dum transformador de medida de tensão.

Em geral estes transformadores trabalham com induções relativamente altas o que se explica por motivos económicos. É usual o valor de 10.000 gauss, apresentando portanto uma corrente magnetizante relativamente elevada.

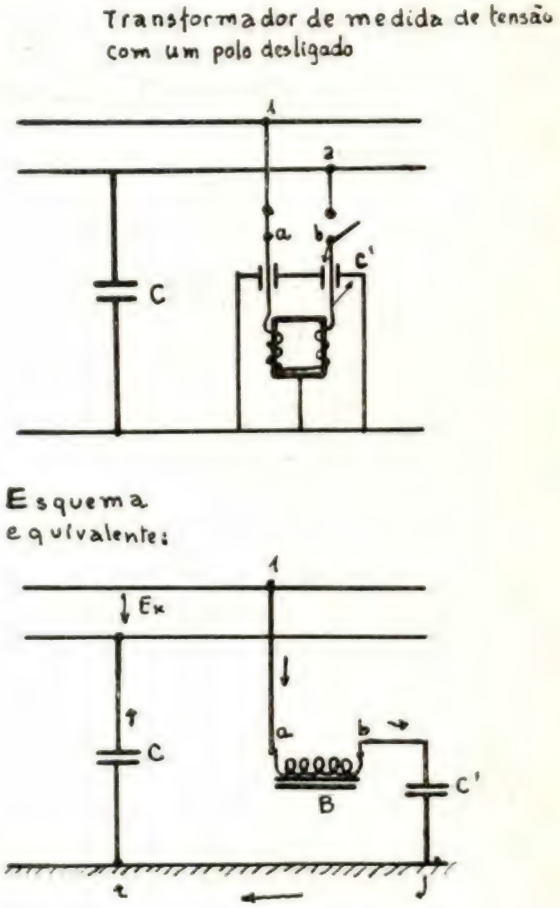


Fig. 21

Afim de satisfazer as condições impostas à sua função, estes transformadores apresentam enrolamentos em que se diminui ao máximo a resistência e a dispersão.

A potência exigida é a necessária para fazer funcionar voltímetros, contadores, etc., é portanto pequena.

Sendo assim, a carga é muito pequena, e como a corrente magnetizante é grande, segue-se que esta e a corrente de serviço são da mesma ordem de grandeza.

Devido à pequena carga o transformador equivale, a uma bobina de núcleo de ferro saturado de pequena resistência.

Posto isto consideremos um exemplo concreto baseado em valores normais.

Tensão no barramento:

$E_{k_{ef}} = 30$ KV

Potência do transformador 50 VA

Percentagem de corrente magnetizante $p_m \simeq 100\%$

Corrente de serviço $I \simeq \frac{50\,VA}{30\,KV} = 0{,}00167\,A$

Como $p_m \simeq 100\,\%$ segue-se que um ponto da curva de magnetização será

$$E_{B_{ef}} = 30.000\,V$$

$$I_{ef} = 0{,}00167\,A$$

Deste modo a capacidade a partir da qual o fenómeno é digno de interesse, deverá ser segundo o critério estabelecido

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{E_{B_{ef}}}{I_{ef}} = \frac{30.000}{0{,}00167}$$

$$C = 1{,}77 \times 10^{-4}\,\mu F$$

R. Rüdenberg, no exemplo considerado, apresenta para C′ um valor da ordem de $2 \times 10^{-4}_{\mu F}$; deste modo se verifica que existe toda a possibilidade do fenómeno se dar devido ao valor de C′ e ao facto da tensão E_{kef} ser necessàriamente superior à tensão limite $E_{kml\,ef}$.

Uma vez que se dê, estabelece-se bruscamente uma forte sobretensão entre o polo que se desligou e a terra e ainda entre a barra, a que o polo estava ligado, e a terra, embora aqui seja menor devido ao facto de $C' << C$.

Entre os polos do transformador também se estabelece uma sobretensão elevada, embora muito menor, pois, como já se notou, é representada pela relação de induções enquanto que as sobretensões nos condensadores são medidas pela relação de correntes.

Citámos este caso por ser o mais frequente.

As causas que podem determinar o facto são:

1.º) Manobra errada;

Deste modo se verifica que nunca se devem desligar separadamente os polos dum transformador de medida de tensão.

2.º) Fusão dum único fusível.

O processo que se recomenda para evitar o aparecimento destas sobretensões será o de diminuir ao máximo a capacidade C′, o que se consegue pela diminuição do condutor entre o ponto de possível interrupção e o transformador.

Como a capacidade C′ é muito pequena uma porção extensa de condutor influi bastante no seu valor.

Diminuindo C′ procura-se, claro está, que a recta E_{Cef} deixe de intersectar a curva de magnetização ou pelo menos o ponto de intersecção se dê para saturações pequenas.

Literatura referente ao assunto tratado

Ao apresentar a lista de autores e correspondentes trabalhos, queremos precisar a afirmação feita na introdução, em que se citava Martienssen como o primeiro que evidenciou o fenómeno considerado.

Na realidade encontramos antes de Martienssen trabalhos em que se começou a esboçar o interesse pelo fenómeno então observado acidentalmente em certas montagens.

É o caso do artigo de Bethenod, 1907, Eclairage électrique, pág. 289. Mas o 1.º estudo sistemático, teórico e experimental, deve-se a Martiessen que foi deste modo o primeiro que tratou o assunto com rigor científico.

Na literatura apresentada figuram numerosos exemplos de montagens em que o fenómeno se dá, recomendando-se nesse sentido, Petersen, Boucherot e Rudenberg.

Um estudo experimental completo em que se encaram os diversos tipos de soluções que o circuito considerado pode apresentar encontra-se no trabalho de Rouelle.

Um processo analítico interessante de tratar o tipo de equações diferenciais que interessam este circuito encontra-se no trabalho de G. Duffing.

BETHENOD, J. — Sur le transformateur à résonance — Eclairage électrique (1907) pág. 289.

BARKHAUSEN, H. — Über labile Zustände elektrischer Ströme —Verh. dtsch. physik. Ges. (1909) pág. 267.

MARTIENSSEN, D. — Über neue resonanzerscheinungen in Wechselstrom kreisen — Physik. Z. (1910) pág. 448.

DWIGHT, H. B. and C. W. BAKER — Double voltages in circuits having capacity and inductance. — Electr. J. (1911) pág. 1102.

BIERMANNS, J. — Der Schwingungskreis mit eisenhaltiger Induktivität — Arch. Elektrotechn. (1915) pág. 345.

PETERSEN, W. — Überspannungen mit der Betriebsfrequenz bei Leitungsbrüchen und einpoligen Schaltvorgängen.—Elektrotechn. Z. (1915) pág. 353.

DUFFING, G. — Erzwungene Schwingungen bei veränderlicher Eingenfrequenz und ihre technische Bedeutung. Volumes 41-42. Braunschweig. Samm Vieweg, 1918.

GÖRGES, H. — Über die Gleichgewichtszustände der Reihenschaltung einer Induktionsspule mit einem kondensator. — Elektrotechn. Z. 1918. pág. 101.

BOUCHEROT, P. — Surtensions par câbles armés e los moyens d'y parer. — Rev. Gen. Électr. (1920) pág. 675.

BIERMANNS, J. — Die Theorie des Schwingunskreises mit eisenhaltiger Induktivitat. — Arch. Elektrotechn. (1921) pág. 30.

MARGAND, F. — Au sujet de l'existence de deux régimes en ferro-résonance. — Rev. Gén. Electr. (1920) pág. 635.

DÄLLENBACH, W. — Stationäre Resonanzüberströme in elektrischen Kraftnetzen. — Arch, Elektrotechn (1922) pág. 304.

FLEISCHMANN, L. — Eine graphische Darstellung der Kipperscheinung bei Reihenschaltung von Widerstand, Kondensator und Eisendrossel. — Elektrotechn. Z. (1922) pág. 1288.

RÜDENBERG, R. — Elektrische schaltvorgänge. — Verlag von Julius Springer, 1933, pág. 337.

KALANTAROFF, P. — Les caracteristiques des circuits contenant une bobine d'inductance à noyau de fer e des condensateurs. — Rev. Gén. Electr. (1929) pág. 315.

ROTH, A. — Hochspannungstechnik —Verlag von Julius Springer (1938) pág, 299.

ROUELLE, E. — Contribution à l'étude experimentale de la ferro-résonance. — Rev. Gen. Electr. (1934) págs. 715, 763, 795, 841.

ERRATA

Pág.	Coluna	Linha	Onde se lê :	Deve ler-se :
936	1	39	$C_1 = C_L$	$C_1 > C_L$
936	1	46	$R < R$	$R < R_L$
946	11	1	$\frac{\Phi^5}{I_3}$	$\frac{I_3}{\Phi^5}$
1075	2	3	$An > A_P \quad n > P$	$An < A_P \quad n > P$
1084	1	21	Dentro destas	De entre estas
1085	2	23	$\Phi''_{km} < \Phi_{km} < \Phi'_{km}$	$\lvert \Phi''_{km} \rvert < \lvert \Phi_{km} \rvert < \lvert \Phi'_{km} \rvert$
1170	1	15	$\lvert E_{B\,ef} - E_{C\,ef} \rvert = E_{K\,ef}$	$\lvert E_{B1\,ef} - E_{C1\,ef} \rvert = E_{K\,ef}$.

A Mecânica do Solo e as suas aplicações

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) MANUEL PIMENTEL PEREIRA DOS SANTOS
Antigo Assistente da Faculdade de Ciências do Porto
Director do Laboratório de Ensaios de Materiais e Mecânica do Solo

(Conclusão)

C. D. 624.131

CAPÍTULO X

Fundações em estacaria

1 — Tipos e funções das estacas

Como é bem sabido, o emprego da estacaria para fundações em terrenos difíceis está muito generalizado.

Em menor escala empregam-se também estacas na absorpção de impulsos de terras ou água (estacas-pranchas, de que não trataremos) e ainda na compactação de terrenos.

Poucos sectores da engenharia civil estarão como este eivados de erros, preconceitos e ideias feitas, conduzindo muitas vezes a trágicos desastres. Nas obras de Terzaghi é facil encontrar a citação de muitos exemplos destes acidentes, em que a responsabilidade do engenheiro que ignorou ou desprezou factos hoje devidamente estabelecidos não pode ser posta de parte.

Podem classificar-se as estacas quanto ao material de que são executadas, a saber: de *madeira, aço, betão, betão-armado e areia.* Não estudaremos em datalhe cada um destes tipos; remetendo os interessados para a excelente obra de F. Vasco Costa — *Estacas para fundações* [61]. Limitar-nos-emos à apresentação daquelas generalidades que nenhum engenheiro digno desse nome pode hoje desconhecer.

Como já dissemos, as estacas são principalmente usadas como fundações de estruturas situadas em terrenos de fraca resistência. Nesta função elas podem trabalhar de maneiras diferentes.

Assim, as *estacas flutuantes* transmitem ao terreno por atrito lateral as cargas que suportam, não tendo qualquer apoio na parte inferior em camadas mais compactas.

Por sua vez, as *estacas carregadas de ponta* comportam-se como colunas longas, atravessando as camadas pouco resistentes e transmitindo as cargas a terrenos consistentes no qual se apoia a sua ponteira. Entre estes dois casos extremos, classifica-se o tipo mais vulgar em que intervém a resistência da ponta e a resistência lateral devida ao atrito, e ainda aquela em que apenas existe na parte inferior da estaca resistência de atrito, sendo as camadas superiores destituidas da coesão necessária para intervirem eficazmente no equilíbrio da carga transmitida.

Também não é raro o emprego de *estacas à tracção.*

Como já dissemos, outro emprego corrente das estacas reside na compactação do solo, pela redução do seu índice de vazios. Tal consolidação só se aplica a solos arenosos.

Já nos referimos também às *estacas-pranchas.*

Modernamente emprega-se por vezes a estabilização de solos simultâneamente com o uso de estacaria. Essa estabilização no caso das argilas pode ser conseguida por *electro-osmose*, aumentando o ângulo de atrito interno e expulsando a água dos poros, com a vantagem de que a argila assim tratada não perde as suas propriedades quando de novo megulhada em água. O emprego deste método numa ponte na Alemanha, em que a carga por estaca era de 90 toneladas permitiu reduzir o assentamento previsto de 7,5 a 30 cm a um valor de apenas 0,6 cm como máximo.

Na consolidação de terrenos profundos à volta das estacas podem ser utilizados outros processos químicos, ou injecções de cimento.

2 — Casos em que as estacas não devem ser empregadas

Reynolds e Protopapadakis [53] resumem os quatros casos fundamentais em que o emprego de estacas é completamente contra-indicado.

a) Não se pode conseguir a consolidação de argilas pelo emprego de estacas. Resulta tal facto de que estes solos são muito pouco compressíveis pelo choque, ocorrendo muitas vezes um refluimento do terreno entre as estacas cravadas. Isto assinala que não houve sensível redução do volume de vazios.

b) A cravação de estacas a certa profundidade em argilas rijas pode conduzir ao enfraquecimento da capacidade de carga do terreno pela destruição da estrutura natural da argila. Deve proceder-se sempre ao estudo do índice de vazios do terreno em amostras reproduzindo as condições naturais e noutras em que a estrutura foi alterada.

Nos casos em que seja absolutamente necessário o uso de estacas em tais terrenos, têm preferência as estacas introduzidas em furos prèviamente feitos, para evitar as oscilações da cravação.

c) Nunca se devem empregar estacas em terrenos de areia fina saturada, quer sejam cravadas quer moldadas no local. Elas provocariam sérios assentamentos pela diminuição notável do índice de vazios, e poriam também em risco estruturas situadas na vizinhança.

d) É extremamente perigoso fundar sobre estacas cravadas até terreno resistente, mas tendo por cima camadas de solos em vias de consolidação (caso dos aterros ou camadas argilosas). É o exemplo clássico da Gare Marítima do Havre, em que Freyssinet teve de intervir mediante o emprego de meios hoje estudados por todos os engenheiros que se dedicam a estes assuntos.

3 — Vantagens e inconvenientes dos diferentes tipos de estacas

Nas actuais circunstâncias, as estacas mais utilizadas são as de *betão, betão armado* e de *madeira* [61].

Estas últimas são de custo geralmente reduzido, e a sua duração é pràticamente indefinida quando abaixo de água. Deve notar-se contudo que as suas dimensões serão condicionadas aos tipos existentes de arvoredo, sendo também fácil a sua deterioração em condições de cravação más. O ataque por seres vivos pode levar à sua destruição, assim como as alternativas de secura e humidade.

As estacas *pré-fabricadas de betão armado* permitem um cuidadoso controle da qualidade do material empregado, embora seja difícil a detecção de fracturas ou avarias durante a cravação. A sua duração é grande, sendo insensíveis aos ataques de seres vivos, e as suas dimensões apenas são condicionadas pelo tipo do bate-estacas empregado.

Por sua vez as *estacas moldadas no terreno,* de betão ou de betão armado, podem em alguns tipos ser utilizadas sem recorrer à cravação, o que tem vantagens quando esta é por qualquer motivo interdita. Tem também as mesmas características de duração, variabilidade de dimensões e insensibilidade ao ataque dos seres vivos, mas são correntes os incidentes de fabrico, sobretudo naquelas com molde recuperado. Entre esses incidentes figuram o desalinhamento da coluna de betão, o deslocamento do material em virtude da entrada de água no molde ou pelo ataque de correntes de água ao betão fresco, a quebra da continuidade da estaca pela intercalação de terras caídas, acções químicas de águas subterrâneas, etc. Muitos deste inconvenientes eliminam-se pela utilização de estacas do molde perdido, que são contudo bastante mais caras.

Quanto às *estacas metálicas,* o seu principal inconveniente, sobretudo entre nós, é o custo proibitivo. São muito duráveis, resistentes à cravação, a sua carga pode fazer-se imediatamente e são fáceis de transportar.

4 — Assentamentos de fundações em estacaria

É impressionante a estatística trágica de acidentes ocasionados pelo assentamento de fundações executadas em estacaria.

Já na introdução referimos alguns exem-

plos, e muitos outros poderão ser encontrados na literatura técnica.

Mas no estado actual da engenharia, a grande maioria desses acidentes são perfeitamente indesculpáveis.

Assim Robert Chelis [60] afirma categòricamente que «*assentamentos prejudiciais de fundações em estacaria podem ser evitados tomando precauções adequadas no projecto das fundações e na cravação de estacas, ou pela recusa em construir em locais tais que a investigação por sondagens apropriadas e por estudos de mecânica do solo mostre que o assentamento de carácter perigoso não pode ser evitado por meios económicos*».

Vamos examinar alguns dos factores ligados directa ou indirectamente a este problema.

5 — Fórmulas dinâmicas

Houve tempo em que uma das vantagens apontadas a crédito das estacas pré-fabricadas e cravadas era o de poderem ser calculadas usando fórmulas de cravação. Esta ideia custou alguns dolorosos insucessos. Hoje as fórmulas de cravação usam-se em ante-projectos, devendo a carga de segurança ser determinada em função de ensaios de carga convenientemente efectuados. Em todas as estruturas importantes devem, além destes ensaios, fazer-se todos os estudos necessários de laboratório sobre as amostras de terreno a diferentes profundidades.

A primeira conclusão importante neste campo pode talvez ser atribuída a Terzaghi, que já em 1925 publicava os resultados das suas investigações mostrando [58] *que não existia qualquer relação entre as resistências estática e dinâmica duma estaca,* a não ser que esta estivesse embebida nnm material como areia, altamente permeável. Estes resultados têm sido posteriormente muitas vezes confirmados [61] [15].

Podemos também afirmar que não existe qualquer fórmula de cravação dando indicações aproveitáveis sobre o assentamento a prever quando a cravação tem lugar em *argilas brandas.* Estacas que neste terreno acusaram durante a cravação resultados muito satisfatórios entram em processo de assentamento, pois não existe qualquer relação entre a resistência do terreno à cravação e a sua capacidade de assentamento sob uma pressão que se mantém.

Como sabemos, tal assentamento é uma função do tempo.

Uma das mais espalhadas origens de indicações falsas quanto à segurança deduzida da cravação é o uso de bate-estacas de pilão com peso insuficiente. Às mesmas erradas conclusões pode levar o uso de capacetes de madeira branda nas estacas, absorvendo muita energia. E ainda por vários outros factores (ver por exemplo Fernando Vasco Costa [61]) incluindo a redução da altura de queda, a paragem da cravação durante algum tempo, retomando-a quando o terreno efectuou um processo de consolidação que acusa falsos valores da sua resistência, etc.

As fórmulas de cravação, ditas *racionais,* baseiam-se na hipótese simplista de que a resistência à penetração da estaca — resistência dinâmica — mantém um valor constante R_d durante toda a deslocação da estaca *e* (nega ou avanço da estaca por pancada). Esta hipótese é falsa, pois Cummings mostrou que ao passo que em terrenos arenosos a resistência do solo aumenta com a penetração, o mesmo não sucede em terrenos argilosos, em que a resistência passa por um máximo diminuindo em seguida.

Sendo Qh o trabalho executado pelo pilão tombando da altura h e tendo o peso Q, e sendo ΔE a perda total de energia na operação, pode-se escrever

$$Qh = R_d\, e + \Delta E \quad . \; . \; . \; . \quad (174)$$

Terzaghi, com a sua costumada profundidade de análise, faz notar que as hipóteses básicas de que os diversos autores se servem para avaliação de ΔE se agrupam como segue [15]:

a) A perda de energia é igual ao produto de R_d pela penetração temporária da estaca ($e' - e$), devida ao facto de que a cravação produz uma compressão temporária da estaca e do solo adjacente, dando lugar a que a deslocação para baixo da

cabeça da estaca sob a pancada do pilão seja seguida duma recuperação determinando um movimento da cabeça em sentido contrário. Assim, e' representa a *nega fictícia* antes da recuperação elástica. Substituindo R_d (e' — e) em (174) obtém-se

$$R_d = \frac{Qh}{e'} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (175)$$

abstraindo do coeficiente de segurança. Mas como é necessário determinar no campo o valor de e', fórmulas deste tipo pouco interesse tiveram e têm.

b) A perda de energia é devida à compressão elástica da estaca. É característica a teoria de Weisbach (1820), admitindo a concentração da resistência à penetração na ponta da estaca, e supondo uma variação do esforço axial nesta de *0* a R_d.

Resultava para o trabalho elástico, atendendo também à lei de Hooke:

$$R_d = \frac{1}{2} \frac{R_d^2 l}{AE}$$

sendo *A* a secção recta média da estaca e *E* o módulo de elasticidade do material da estaca.

Por substituição em (174) e abstraindo do coeficiente de segurança, vem a *fórmula de Weisbach* (1820?)

$$R_d = \frac{eAE}{l} + \sqrt{\frac{2QhAE}{l} + \left(\frac{eAE}{l}\right)^2} \quad (176)$$

c) A perda de energia é correspondente à teoria do choque, de Newton. É então

$$\Delta e = Qph \frac{(1 - n^2)}{Q \cdot p}$$

sendo *p* o peso da estaca (incluindo capacete, se o houver), *n* o coeficiente de restituição de Newton (nulo) para corpos inelásticos e *l* para corpos perfeitamente elásticos). Se n = 1 resulta por substituição em (174) a fórmula de *Sanders* (sem coeficiente de segurança)

$$R_d = \frac{Qh}{e} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (177)$$

pois

$$\Delta E = 0.$$

Se

$$n = 0$$

vem

$$\Delta E = \frac{Qph}{Q + p}$$

donde por substituição vem a *fórmula dos Holandeses*

$$R_d \frac{Q^2 h}{e(Q + p)} \quad . \; . \; . \; . \quad (178)$$

em geral empregada com o coeficiente 6. É a fórmula há mais tempo utilizada na Europa.

Fazendo nela

$$e \frac{P}{Q} = c$$

resulta a fórmula da «*Enginneering News*», para estacas de madeira

$$R_d = \frac{Qh}{e + c} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (179)$$

em que a constante empírica *c* toma no sistema métrico os valores

c = 2,5 cm para pilões de queda livre

c = 0,25 cm para bate-estacas a vapor

d) A perda de energia é devida à compressão elástica e ao choque newtoniano. Tomam-se assim em consideração todas as possíveis perdas:

$$\Delta E = Qph \frac{1 - n^2}{Q + p} + \frac{1}{2} \frac{R_d^2 l}{AE} + \Delta' E$$

sendo $\Delta' E$ a perda devida à compressão clássica do solo e do capacete.

Substituindo em (174) vem

$$Qh = R_d e = Qph \frac{1 - n^2}{Q + p} + \frac{1}{2} \frac{R_d^2 l}{AE} + \Delta' E \quad (180)$$

Desprezando $\Delta' E$, tem-se a *fórmula de Redtenbacher* (1850)

$$R_d = \frac{A\,E}{l}\left(-e + \sqrt{e^2 + \frac{2\,l\,Q\,(Q + n^2\,p)\,h}{A\,E\,(Q + p)}}\right) \quad (181)$$

que se pode simplificar pondo $n = 0$

$$R_d = \frac{A\,E}{l}\left(-e + \sqrt{e^2 + \frac{2\,l\,Q^2\,h}{A\,E\,(Q + p)}}\right) \quad (182)$$

ou pondo

$$n = 1 \quad e \quad h_o = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_d^2\,l}{A\,E \cdot Q} \quad (183)$$

resultando a *fórmula de Kreutzer*

$$R_d = \frac{Q\,(h - h_o)}{e} \quad . \; . \; . \; . \quad (184)$$

ou ainda

$$h = \frac{R_d\,e}{Q} + h_o \quad . \; . \; . \; . \quad (185)$$

h_o pode ser determinado no campo: para duas alturas de queda diferentes, vem [42]:

$$h' = \frac{R_d\,e'}{Q} + h_o$$

$$h'' = \frac{R_d\,e''}{Q} + h_o$$

donde

$$R_d = Q\,\frac{h' - h''}{e' - e''}$$

e

$$h_o = \frac{h'\,e'' - h''\,e''}{h'' - h'}$$

desde que se admita a constância de R_d.

A fórmula de Kreutzer baseia-se na hipótese $n = 1$, que não é aceitável.

A *fórmula de Hiley* (1930) que goza de grande popularidade nos países anglo-saxónicos, tem estrutura semelhante.

Geralmente, faz-se em (180)

$C_1 = \frac{R_d^2\,l}{AE}$ (compressão estática da estaca)

C_2 = compressão elástica do solo

C_3 = compressão elástica do capacete

donde

$$Qh = R_d\,e + Hph\,\frac{1 - n^2}{Q + p} + \frac{1}{2}\,R_d\,(C_1 + C_2 + C_3)$$

Introduzindo o coeficiente *s — eficiência do martelo* — a cujos valores já nos referiremos, vem

$$R_d = \frac{s\,Q\,h}{e + 1/2\,(C_1 + C_2 + C_3)} \quad \frac{Q + n^2\,p}{Q + p} \quad (186)$$

O coeficiente da restituição *n* pode ter os seguintes valores, segundo Grandall

pilão fundido sobre estaca de aço — 0,55 a 0,60
pilão fundido sobre estaca de betão — 0,40
idem, sobre madeira — 0,20 a 0,25

O coeficiente de eficiência *e*, pode, segundo Jacob e Davis [17], ter os valores seguintes conforme o tipo de pilão:

Pilão de queda livre — 1
idem, com o cabo directamente ligado — 0,75
Pilão a vapor, de efeito simples — 0,90
idem, de duplo efeito — 1,0

Já demos a expressão para $C_1 = R_d\,l/AE$, verdadeira no caso de toda a carga ser transmitida à ponta das estacas; supondo pelo contrário que a carga é absorvida por atrito uniformemente distribuída ao longo da estaca, o seu valor é metade do anterior.

Hiley apresentou tabelas para os valores médios de $C_1 + C_2 + C_3$ que podem ser encontradas por exemplo em Jacob e Davis [17]

A determinação experimental de $C_1 + C_2$ é simples no campo.

Basta prender uma tábua, com uma braçadeira à estaca colocando sobre aquela um papel. Um lápis move-se numa estrutura fixa de madeira de forma a dar um diagrama como o que representa a fig. 143.

Segundo Chelis, [60], despreza-se muitas vezes a compressão elástica no capacete. Também no caso de não se fazer a cravação com martelos pesados, *n* pode ser tomado

igual a zero sem grande alteração de resultados.

No caso de pilões a vapor de duplo efeito, figura na fórmula a energia perdida por pancada, valor fornecido pelos fabricantes, em lugar da energia de queda do pilão sQh.

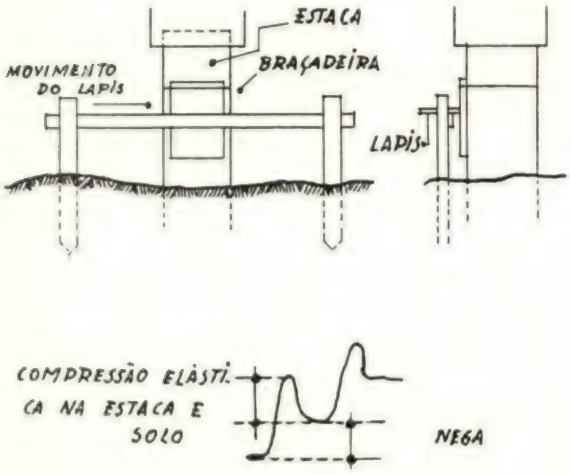


Fig. 143
(R. Chelis [60] pág. 72)

A *fórmula de Crandall* tem também a mesma estrutura:

$$R_d = \frac{s\,Q\,(h - h_o)}{e} \cdot \frac{Q + n^2\,p}{Q + p} \qquad (187)$$

com

$$h_o = \frac{R_d\,(C_1 + C_2 + C_3)}{s\,Q} \cdot \frac{Q + n\,p}{Q + n^2\,p}$$

O valor de h_o pode ser determinado por processo semelhante ao indicado a propósito da fórmula de Kreutzer, ou gràficamente medindo pelo menos três negas correspondentes a três alturas diferentes de queda, e representando os resultados em eixos coordenados (fig. 144). O valor de h_o corresponde à nega nula, $e = C$; obtém-se pela intercessão da recta traçada com o eixo das coordenadas.

Existem ainda muitos outros tipos de fórmulas de cravação. A sua crítica está feita. A aplicação dá indicações interessantes em solos possuindo alto ângulo de atrito interno, mas sem coesão, como *areias e cascalhos;* não se podem aplicar em *argilas, lodos* e *limos* (materiais de alta coesão).

Os solos do primeiro grupo não são compressíveis; os do segundo são-no em alto grau. O comportamento destas duas classes de solo é diferente na cravação, acontecendo que interrompendo-se esta, por exemplo por um período de 24 horas, a resistência à cravação é pràticamente a mesma nos solos da primeira classe, e varia num ou noutro sentido nos da segunda.

Assim, nos terrenos impermeáveis, a água posta em pressão pela diminuição de vazios devida à compressão do terreno na cravação, tende a deslocar-se ao longo da estaca, procurando uma saída para o exterior, e de certa maneira *lubrificando-a*. Suspendendo a cravação por tempo suficiente, a água é reabsorvida e o atrito lateral sobe novamente. Ao retomar a cravação já o citado movimento da água não é possível o que provoca o aumento de resistência por vezes notável.

Pode suceder contudo, o contrário, quando a percentagem de humidade for baixa; ao retomar a cravação, as elevadas tensões desenvolvidas no terreno junto à estaca que o repouso permitiu que diminuissem, não apresentarão tão grande resistência ao avanço da estaca se a quantidade de água não for suficiente para entrar novamente em pressão.

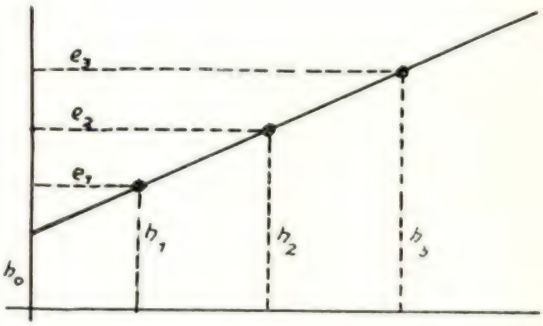


Fig. 144

Note-se que efeitos de «*liquefacção de areia*» *(quick sand action)* em areias finas saturadas podem provocar uma resistência diminuída à cravação, por efeito lubrificante junto à estaca.

Neste caso, o repouso aumentará essa resistência.

6 — Factores de segurança

Todas as fórmulas citadas se costumam afectar dum factor de segurança, para obter a carga máxima de trabalho da estaca. Esse factor varia muito de autor para autor e de fórmula para fórmula.

Na fórmula de Hiley toma-se geralmente o factor 3.

7 — Varejamento

O emprego das estacas como colunas longas através de terrenos brandos e com a ponta mergulhada em terreno firme levanta o problema do varejamento.

Terzaghi [15] apresenta métodos correntes de análise. Jacob e Davis [17] citam resultados de ensaios feitos para avaliar a importância do varejamento. O método de Manning [59] afigura-se-nos o mais completo para abordar este efeito, aplicando-se a estacas de aço, ferro fundido, madeira e betão armado. Permite também tomar em linha de conta a inclinação das estacas e a excentricidade da carga.

8 — Experiências sobre cravação

O *Building Research Station* inglês efectuou uma série notável de experiências sobre a cravação de estacas nomeadamente em solos difíceis. São com efeito frequentes os desastres sucedidos a estacas forçadas a atravessar camadas resistentes situadas sobre outras de menor resistência, às quais devem descer buscando a profundidade conveniente ao seu apoio.

Os trabalhos executados abrangeram o estudo analítico e experimental dos esforços desenvolvidos nas estacas pelo choque do pilão; a influência sobre a resistência ao choque dos métodos empregados no projecto e no fabrico das estacas; finalmente, o desenvolvimento de métodos indicativos durante a cravação de más condições de execução do trabalho.

O tratamento analítico dos esforços de choque pode ser encontrado também em Terzaghi [15]. Os seus trabalhos permitiram traçar as curvas de esforços teóricos na cabeça, meio e ponta da estaca para diversas condições de cravação.

A comparação com os valores experimentais fez-se pela medida dos esforços desenvolvidos nas três regiões citadas da estaca, mediante tensómetro de quartzo piezoeléctrico, ao mesmo tempo que, como já explicámos, se media a nega e a deformação elástica da estaca e do terreno.

Vamos resumir algumas das conclusões mais importantes [43].

(1) — As roturas durante a cravação são devidas na maioria dos casos a excessivos esforços de compressão; os máximos destes esforços condicionam estreitamente a probabilidade da rotura.

(2) — Os maiores esforços de compressão situam-se geralmente na cabeça da estaca, sendo independentes das condições no pé e da penetração para estacas superiores a 9 metros.

(3) — A teoria indica que na cravação em terreno resistente existe uma onda reflectida do pé da estaca, sendo aí os esforços previstos duplos dos desenvolvidos na cabeça. A experiência mostra contudo que, em consequência das perdas de propagação e atrito, apenas se atinge 150 % a mais do esforço na cabeça.

(4) — Os esforços no pé dependem não sòmente da nega, mas simultâneamente desta e da compressão elástica do terreno.

(5) — Só quando há concentração da resistência à cravação na ponta da estaca é que aí se desenvolvem esforços elevados; não basta notar pequenas negas para tirar a mesma conclusão.

(6) — Podem desenvolver-se esforços elevados a meio da estaca em condições de fácil cravação; mas esses esforços não representam geralmente perigo de rotura.

(7) — Os esforços de tracção devido a vibrações de flexão causados por uma pancada excêntrica do pilão são pequenos; mas pode haver perigo quando há ressonância no caso de elevado número de pancadas por minuto.

(8) — Os esforços na cabeça dependem da elasticidade do capacete em grande proporção e mesmo exclusivamente para estacas superiores a 9 metros. Tem também neste

caso grande influência o peso e altura de queda do pilão.

(9) — Os esforços na cabeça da estaca podem dobrar do princípio para o fim da cravação, devido ao aumento de rigidez do capacete sob a acção das pancadas do pilão; daí a causa de rotura da cabeça das estacas.

(10) — Assentamentos irregulares do material do capacete podem causar excentricidades provocando perigosas concentrações de esforços na cabeça das estacas.

(11) — A resistência ao choque do betão é cerca de metade da resistência à compressão; como as tensões devidas à cravação podem atingir 210 kg/cm² em terreno duro e 140 kg/cm² em terreno mais fácil, conclui-se que a resistência à compressão a exigir do betão empregado deve ser, em cada caso, de 420 kg/cm² e de 280 kg/cm².

Resulta a necessidade de empregar betões de granulometria cuidadosamente estudada, com relação água/cimento mínima (sem prejuízo do envolvimento dos ferros) e manutenção do betão húmido depois da preza pelo menos 14 dias. A dosagem 1:2:4 dá resultados sensìvelmente menos satisfatórios que a dosagem 1:1 1/2:3, que no entanto não vale a pena exceder.

Não há vantagem na escolha entre os tipos de cimento Portland, fundido ou de preza rápida.

(12) — O papel da armadura longitudinal é sobretudo assegurar a resistência necessária para o manejo e içamento das estacas, evitando qualquer fenda lateral sempre perigosa; estas armaduras pouca influência exercem no comportamento das estacas na cravação.

(13) — Pelo contrário, as armaduras transversais têm grande influência no comportamento da estaca durante a cravação. Para estacas que podem estar sujeitas a condições difíceis de cravação, devem essas armaduras constituir uma percentagem não inferior a 1 % a uma distância das extremidades igual a 2 ou 3 vezes a dimensão exterior da secção da estaca. O seu diâmetro não deve ser menor que 1/4 do diâmetro dos varões longínquos com um mínimo de 3/16″.

(14) — O recobrimento dos varões não deve ser exagerado, tendo-se contudo em conta a protecção destes. O valor de 25 mm é aconselhável geralmente.

(15) — O factor de segurança é geralmente pequeno ou não existente pelo que diz respeito à resistência do betão ao choque. Um factor de segurança unidade é obtido sensìvelmente quando o esforço de choque vale cerca de 50 % da máxima resistência à compressão do betão empregado.

(16) — É importante, em face disto conseguir boas condições de cravação.

Nas experiências feitas, as mais favoráveis condições de cravação, representadas pelo valor do factor nega/máximo esforço na cabeça, obtiveram-se sempre pelo uso do pilão mais pesado juntamente com o capacete de menor rigidez, devendo ajustar-se a altura de queda de forma a obter tensões admissíveis.

Em qualquer caso, o peso do pilão nunca deve descer abaixo do peso de 9 metros de estaca.

(17) — O conjunto do capacete deve ser ligeiro, para não se deteriorar ràpidamente com as pancadas. A cavidade que entra na cabeça da estaca deve ter faces e fundo bem lisas e desempenadas, protegendo-se além disso a parte da estaca em contacto com o capacete com sacos velhos.

Não se encontrou nenhum material que satisfizesse completamente às condições exigidas para a protecção referida, a obter: pequena rigidez, que não aumente no decorrer da cravação, e baixo custo relativamente à sua duração. Se abstrairmos do custo, o cauchu é o melhor. Dos materiais geralmente empregados, o que dá mais satisfação é o pano de sacos velhos, que no entanto deve ser mudado frequentes vezes.

9 — Fórmulas estáticas

Terzaghi já desde 1925 condena as fórmulas estáticas empregadas no cálculo de fundações em estacaria. No seu livro «Theoretical Soil Mechanics» não hesita em transcrever o que afirmara naquela data:

«Tendo em conta as incertezas envolvidas na determinação da capacidade de carga de fundações em poços, não é de surpreender

que as tentativas para avaliar a capacidade de carga de estacas (Stern 1908), Dörr 1922, e muitos outros) não tenham tido sucesso. Todas elas lançam mão de hipóteses muito arbitrárias ou de aplicações indevidas de teoria existentes como se mostra pelos exemplos seguintes. A resistência de ponta tem sido computada por meio de métodos que são válidos apenas para um estado plano de deformações, tais como a teoria do impulso passivo das terras, ou a teoria da capacidade de carga de sapatas contínuas descrita no artigo 45.

A pressão do solo na superfície tem sido determinada por meio da teoria de Coulomb do impulso das terras, que também é sòmente válida para um estado plano de deformações, e o efeito sobre a resistência no ponto da compressibilidade em volume do solo tem sido sistemàticamente ignorado.

O período transcrito põe também em evidência as duas principais acções que mantêm as estacas em equilíbrio, a saber: a *resistência de atrito* R_a entre a superfície da estaca e o terreno, e a *resistência de ponta* R_p que o terreno oferece a ser deslocado sob a ponteira.

As duas fórmulas mais conhecidas são as de *Benabenq* e a de *Dorr*. A de Benabenq parece ter dado bons resultados nos terrenos em que se baseou a sua dedução (Indo-China), o que Buisson [42] atribue ao facto de compensação fortuita de erros. Também Buisson faz notar que a condição de aplicabilidade destas fómulas seria a mobilização total do atrito lateral ao longo da estaca, donde ausência de resistência de ponta, ou pelo menos com valores pequenos.

Além da crítica já feita, convém acentuar que as fórmulas estáticas não atendem às modificações de resistência devidas ao tempo, agrupamento de estacas e modo de execução destas.

Em consequência do que fica dito, não nos deteremos mais no estudo destas fórmulas.

10 — Acção dos grupos de estacas

A ideia simplicista e profundamente espalhada de que a carga suportada por um grupo de estacas é a soma das cargas que cada uma delas é capaz de suportar individualmente tem causado muitos e graves dissabores.

Pode considerar-se hoje como estabelecido que as estacas em grupos, sobretudo quando em terrenos coerentes (ou tendo sob as ponteiras camadas desses terrenos) suportam uma carga inferior à correspondente à soma das cargas previstas individualmente.

Fàcilmente se compreende que assim seja, como se mostra na fig. 145. O bolbo de

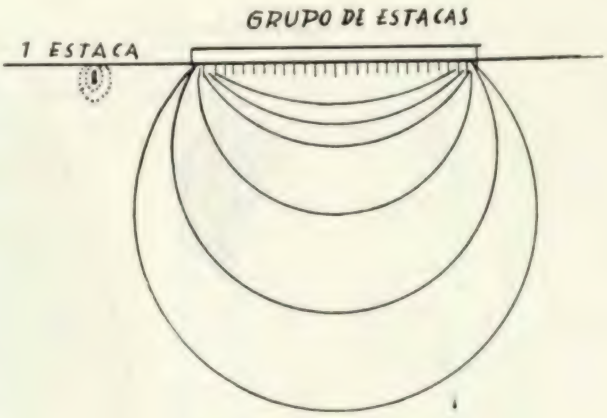


Fig. 145

pressões correspondente a uma só estaca interessa um volume de solo muito inferior ao correspondente ao grupo; assim se houver uma camada de argila a relativa profundidade, poderia entrar em processo de consolidação sob a carga total, embora o ensaio duma estaca nada acusasse sobre esse ponto de vista. Da mesma maneira o efeito da carga total pode atingir camadas cuja resistência ao corte não seja suficiente, provocando consequências graves.

Segundo Chelis [60], as regras fundamentais a ter em conta no emprego de estacas flutuantes na parte superior dum depósito profundo de consistência regular são as seguintes:

Para solos muito coerentes o assentamento produzido pela unidade de carga cresce com a diâmetro da area carregada, enquanto que para solos sem coesão o efeito da área carregada é desprezável.

O assentamento por unidade de carga decresce com a profundidade da fundação.

Mas o assentamento depende da razão entre a profundidade da fundação e o diâmetro da área carregada. O efeito desta relação é mais marcado no caso de solos de maior coesão do que nos solos incoerentes.

Resulta portanto que numa estrutura pouco larga o comprimento das estacas deve ser superior à largura do edifício, de forma a alongar o bolbo das pressões, que reduz o assentamento pela diminuição das pressões no solo e pela transferência dos seus máximos para as camadas inferiores.

Vemos que é portanto importante conhecer o valor da carga total, a área ocupada pela fundação e as propriedades do terreno interessado.

Para o cálculo dos assentamentos sob grande número de estacas aplicam-se geralmente os métodos já estudados, supondo uma sapata geral ao nível aproximado das ponteiras das estacas.

As distâncias entre eixos de estacas flutuantes não devem descer abaixo de 1,00 m, sob pena duma rápida diminuição

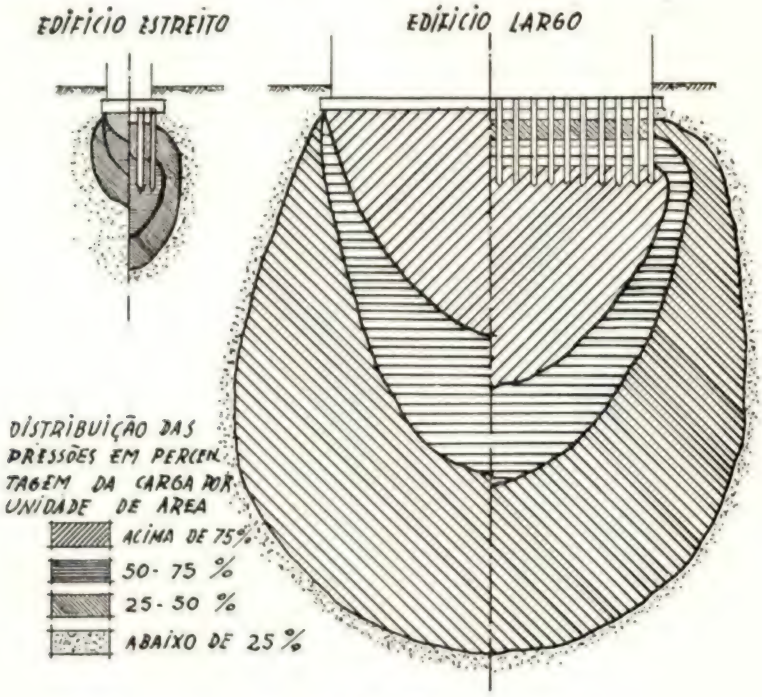


Fig. 146
(R. Chelis [60] pág. 67)

A importância da largura das estruturas (relativamente à profundidade das estacas) é de tal ordem que para edifícios mais largos do que o comprimento das estacas acontece muitas vezes que os bolbos das pressões são aproximadamente os mesmos com ou sem estacaria.

Então o uso desta pode ser prejudicial, por destruir a estrutura natural dos solos coerentes, aumentando assim o assentamento.

A fig. 146 esquematiza os dois casos citados, fazendo a comparação em cada um deles entre a fundação com ou sem estacaria.

da resistência estática. Estacas carregadas da ponta podem, se as condições de cravação o permitirem, atingir uma distância entre eixos de 0,75 m.

11 — Escavação e aterro

Muito antes do aparecimento da Mecânica do Solo, há 150 anos, Rennie [60] preconizava a escavação dum volume de solo cujo peso compensasse total ou parcialmente o peso da estrutura, evitando assim os assentamentos, por não aumentar a carga sobre o terreno.

Durante muito tempo estes processos caíram em desuso, até que a Mecânica do Solo permitiu uma compreensão racional deste método, particularmente indicado no caso de áreas carregadas pesadamente e suportadas por estratos pouco consistentes e profundos que tornem anti-económico o uso de estacas,

Por outro lado, um aterro recente (ou mesmo já com algum tempo) jazendo sobre camadas pouco resistentes pode causar graves assentamentos, sobretudo pela adição de esforços de *atrito negativo* sobre as estacas, introduzido pelo aterro sob a acção de consolidação dos estratos inferiores. Muitas vezes tem ocorrido assim gravíssimos desaires.

12 — Ensaios de carga

Os ensaios de carga constituem ainda hoje o meio mais importante de estudar o comprimento das estacas; devendo ser executadas em todas as obras de importância e sendo indispensáveis em terrenos argilosos. Para que os seus resultados possam ser devidamente interpretados, é preciso muitas vezes fazê-los acompanhar de ensaios laboratoriais do solo. Um ensaio de carga duma estaca nada nos diz, por exemplo, quanto à possibilidade de assentamentos perigosos, que, como se sabe, podem arrastar-se durante anos. Só o laboratório pode esclarecer tal questão.

Devem ter-se também presentes as considerações já anteriormente feitas, nomeadamente sobre a acção dos grupos de estacas.

Chelis [60] serve-se do conceito de *centro de resistência* do terreno definindo a sua localização pela distância l à cabeça da estaca, tirada da equação.

$$l = \frac{\varepsilon AE}{R} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (187)$$

em que ε é a deformação elástica da estaca, A a sua secção média, E o módulo de elasticidade do seu material e R a carga de ensaio. A equação (187) traduz evidentemente, a aplicação da lei de Hooke.

A deformação elástica obtém-se retirando a carga antes de fazer o aumento seguinte, sendo a deformação plástica, irreversível, a diferença entre a penetração total e a deformação elástica.

A fig. 147 mostra a determinação gráfica das curvas respectivas. A curva *movimento da cabeça da estaca* coincide sensìvelmente com a obtida se não se descarregasse em cada leitura a estaca.

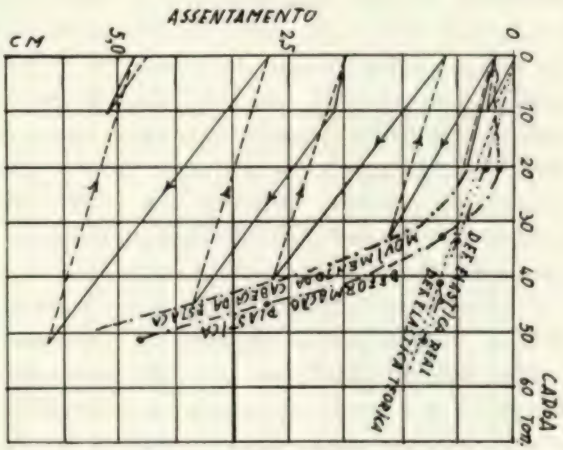


Fig. 147
(R. Chelis [60] pág. 105)

O comprimento da estaca de ensaio deve ser tal que atinja um ponto no estrato consistente que se suponha aproximado do centro de resistência. O resultado do ensaio diz-nos se as estacas definitivas devem ter comprimento superior ou inferior.

Com o valor de l inicialmente fixado, pode resolver-se a equação (187) em ordem a ε, e marcar a curva da fig. 147 — *deformação elástica teórica* — que permite no decorrer do ensaio ir aumentando a carga conforme os sucessivos valores de l continuando esse aumento até que o estrato que se pretende ensaiar seja submetido à carga de trabalho multiplicada pelo coeficiente segurança e colhido — ou preferìvelmente até à rotura (assentamento indesejável sobre a carga).

Depois de cada operação de carga ou descarga da estaca, deve dar-se tempo para esta entrar em repouso antes de prosseguir.

Há vantagem no traçado dos gráficos em escala suficiente para conveniente apre-

ciação dos detalhes. Assim, deve verificar-se se as linhas de descarga têm aproximadamente o mesmo coeficiente angular, idêntico ao da linha de deformação elástica teórica — esta última condição é de resto essencial para se saber se a recuperação elástica foi completa.

No início dos ensaios feitos com os cuidados devidos, a linha de deformação elástica observada mantém-se muitas vezes acima da linha teórica enquanto as cargas são pequenas, o que significa que o centro de resistência está alto, não tendo os efeitos das cargas atingido ainda o estrato que se pretende ensaiar. Á medida que a carga aumenta, a linha experimental aproxima-se estreitamente da linha teórica, desde que, é claro, a posição suposta do centro de resistência e portanto do comprimento l inicialmente arbitrado esteja correcta.

É necessário também ter na devida conta, para a determinação do centro de resistência, que enquanto se procede ao ensaio, não entra em acção apenas a resistência do estrato inferior, mas intervém outras forças.

Umas são devidas ao atrito exercido pelas camadas superiores e podem ser determinadas por outros ensaios com estacas mais curtas. Outras derivam da resistência na ponta, por vezes apenas temporária.

É aconselhável considerar a linha de deformação plástica em lugar da componente ao movimento da cabeça da estaca, se se quiser atender ao facto de que o movimento da estaca relativamente ao solo é um importante factor a considerar na determinação da capacidade de carga da estaca.

A interpretação das curvas de assentamento (assentamento/tempo ou assentamento/carga) nem sempre é feita com os devidos cuidados.

Nas estacas trabalhando por atrito lateral, a rotura é geralmente caracterizada com clareza por uma queda brusca da curva, seguindo-se a um troço recto em que há proporcionalidade entre as cargas e assentamentos; essa quebra traduz o repentino afundar da estaca, ou seja um grande assentamento para uma pequena variação da carga.

Noutro tipo geral de curvas, em que a resistência de ponta desempenha um importante papel, é difícil descobrir o ponto de quebra da curva.

Eis algumas regras típicas formuladas em códigos de construção (citados por Chelis [60]).

(*a*) O assentamento real medido depois de 24 horas da aplicação da carga de ensaio igual a 150 % da carga de serviço, não deve exceder 0,01 de polegada por tonelada de carga de ensaio *(New York)*.

(*b*) Sobre a carga que produz um aumento de assentamento não proporcional ao aumento de carga, aplica-se um factor de segurança igual a 2. *(Los Angeles)*.

(*c*) Sobre a carga que produz um assentamento permanente de 1/4″ em 48 horas, aplica-se um factor de segurança igual a 2. (Obras Públicas do Estado de *New York* e Departamento de Estradas de *Louisiana*).

(*d*) Sobre a carga que, não havendo qualquer assentamento durante 24 horas, produziu um assentamento total, incluindo a deformação elástica, não excedendo 0,01″ por tonelada da carga de ensaio, aplica-se um factor de segurança igual a 2. (Obras Públicas do Estado da *Califórnia*, Código uniforme de Construção da *Costa do Pacífico* e *Chicago*).

(*e*) Sobre a carga que produz o assentamento real de 1/4″ (depois da recuperação elástica devido à retirada da carga) aplica-se um factor de segurança igual a 2. Se o assentamento real for nulo, considera-se a carga de trabalho igual a 3/4 da carga de ensaio, fazendo-se a interpolação entre 3/4 e para valores do assentamento real compreendido entre 0 e 1/4″ (*American Association of State Highway Officials*).

(*f*) Sobre a carga que produz um assentamento *real* de quando muito 1/2″, permanecendo constante durante 24 horas, aplica-se um factor de segurança de 2 pelo menos (*Boston*).

Quanto à aparelhagem para executar os ensaios, é muito variável. Havendo nas proximidades ou por cima construções, aproveitam-se para carregar as estacas com macacos hidráulicos, que também podem ser usados com duas estacas laterais absorvendo as reacções por tracção. Em lugar

dos macacos, podem utilizar-se perfis laminados, tijolos, areia, depósitos metálicos com água, etc.

Esquemas práticos destes dispositivos podem ser encontrados em Chelis [60], Jacob e Davis [17], Fernando Vasco Costa [61], etc.

É muito curioso o método de ensaio de Fröhlich, em que se procede à separação das resistências de ponta e de atrito efectuando um ensaio de arranque, admitindo que as forças de atrito são as mesmas quando a estaca trabalha à compressão ou à tracção, facto que ainda não está estabelecido de forma indiscutível.

O ensaio, citado por Kahn [39], efectuou-se com uma estaca de 0,45 × 0,45 × × 22,00 metros, da qual penetraram 18 metros no solo.

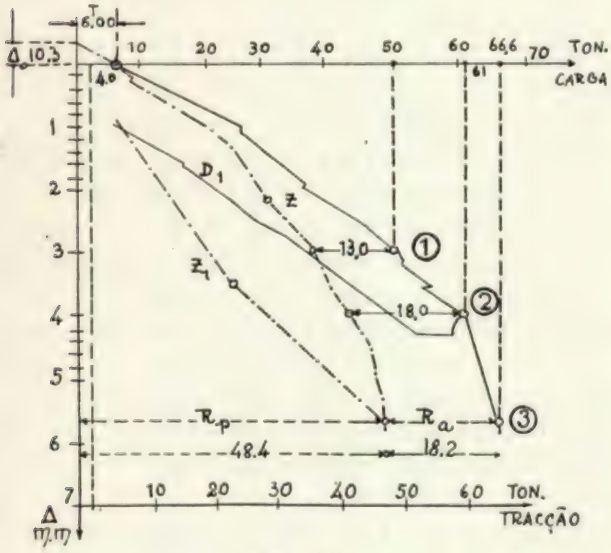


Fig. 148
(F. Kahn [39] pág. 339)

Efectuou-se um ensaio de carga traçando-se o diagrama Z, identificando-se como se disse os esforços de tracção aos de atrito lateral.

A carga morta era de 6 Ton para o ensaio de carga (peso da estaca, sub-pressão e peso dos macacos) e de 2 Ton (peso dos macacos) no ensaio de tracção.

A diferença — 4 Ton — marcou-se no diagrama, como se indica na fig. 148.

A tracção máxima de 18 Ton correspondeu ao arranque do pilar. Traçou-se a curva de descarga Z_1.

A resistência total de 66,6 — 4 = 62,6 T descompõe-se portanto em 18 Ton. devidas ao atrito e 44,6 T. devidas à resistência de ponta.

É possível agora, se quisermos ir mais longe, continuar os cálculos segundo o método de Housel, já anteriormente explicado (Cap. IX — 7). Temos o quadro seguinte, deduzido do diagrama

Assentamento Δ	Pressão Q	Tracção Z	Resistência da ponta Rp
MM	TON.	TON.	TON.
1) 3	50	13	37
2) 4	61	18	43
3) 5,64	66,6	18,2	48,4

A correcção do peso morto (ver diagrama) dá, por prolongamento de D, o valor de $A_0 = 0{,}3$ mm.

Donde os assentamentos corrigidos

$$\Delta'_1 = 3{,}3 \text{ mm}$$

$$\Delta'_2 = 4{,}3 \text{ »}$$

$$\Delta'_3 = 5{,}94 \text{ »}$$

Temos mais :

Superfície : $S = 45 \times 45 = 2025 \text{ cm}^2$

Periferia/Superfície : $P/S = 0{,}89 \text{ cm}^{-1}$

Donde os valores m e n de Housel, da equação

$$p = n + m \cdot \frac{P}{S}$$

$$p = \frac{Q}{S'}$$

$$n = \frac{Rp}{S'}$$

$$m = (p - n)\,\frac{S}{P}$$

donde para os treze pontos considerados

1) $n = 18{,}27$ kg/cm² $m = 72{,}2$ kg/cm
2) $n = 21{,}23$ — $m = 100{,}0$
3) $n = 23{,}90$ — $m = 101{,}1$

E os valores característicos K_1 e K_2 (166 e 167) serão

1) $K_1 = 0{,}33/18{,}27 = 0{,}0180$ cm³/kg
$K_2 = 72{,}2/18{,}27 = 3{,}952$ cm

2) $K_1 = 0{,}43/21{,}23 = 0{,}0203$
$K_2 = (\max) = 100{,}00/21{,}23 = 4{,}710$

3) $K_1 = 0{,}594/23{,}90 = 0{,}0249$
$K_2 = 101{,}1/23{,}90 = 4{,}230$

Vê-se que a carga crítica corresponde ao valor máximo de $K_2 = 4{,}710$, sendo portanto de 61,000 — 4.000 = 57.000 kg (deduzido o peso morto de 4.000 kg).

Como as estacas foram projectadas para suportar 15 Ton, o factor de segurança será

$$s = \frac{57.000}{15.000} = 3{,}8$$

Note-se, o que é importante, que é o ponto 2 que corresponde à carga crítica e não o ponto 3; este facto só pode ser estabelecido pelo cálculo dos valores característicos K.

13 — Estacas de areia

Para obter a melhoria das condições de resistência do terreno, recorre-se muitas vezes a estacas de areia, obtidas pela cravação de estacas de madeira, que em seguida se retiram, enchendo as cavidades com areia fortemente compactada. Essa compactação deve ser efectuada a um grau de humidade conveniente. Deve no entanto evitar-se o emprego de tal sistema quando haja possibilidade futura de escavações, abertura de túneis, etc. No caso de existir movimento de águas subterrâneas, é preciso impedir o arrastamento da areia.

OBRAS CONSULTADAS

[1] — W. S. Granville — *Road Research* — Londres — 1945

[2] — F. N. Sparker e A. F. Smith — *The concrete road: a review of present day knowledge and practice with some reference to the use of stabilized bases* — The Institution of Civil Engineers — Londres — 1945

[3] — L. F. Cooling, A. W. Skempton, R. Glossop, A. H. D. Marwick — *The principles and aplication of soil mechanics* — The Institution of Civil Engineers — Londres — 1946

[4] — Diversos — *Soils, concrete and betuminous materials* — H. M. Stationery Office — Londres — 1949

[5] — J. F. Correia de Araújo — *Estudo dos Macissos Terrosos e dos seus suportes* — Livraria Lopes da Silva, Editora — Porto — 1942

[6] — J. L. Gomes Navarro e J. J. Aracil — *Saltos de água e prêsa de embalse* — Tipografia Artística — Madrid — 1945

[7] — J. Ferreira da Silva, L. Amaro e M. Matos Viegas — *Relatório da Missão à África do Sul para o estudo da Mecânica do Solo e sua aplicação à construção de estradas* — 1945 (Não publicado)

[8] — National Road Board — *Laboratory teste on the effect of the addition of coarse aggregate to some soils; observations on the effect of soaking time on the Califórnia Bearing Ratios of some soils* — Pretória — 1946

[9] — National Road Board — *Methods of moisture determination* — Pretória — 1946

[10] — National Road Board — *A triaxial shear investigation of some soils* — Pretória — 1946

[11] — W. M. H. Barton e L. H. Deane — *Sampling and Testing of highway materials* — New York — 1925

[12] — A. Schoklitsch — *Tratado de Arquitectura hidráulica* — Barcelona — 1935

[13] — C. A. Hogentogler — *Engineering properties of the soil* — New York

[14] — L. Escande — *Hydráulique Generale* — Edouard Privat, Libraire Éditeur — Toulouse — 1941-43

[15] — Karl Von Terzaghi — *Theoretical Soil Mechanics* = John Wiley and Sons, Inc. — New York — 1943

[16] — William S. Housel — *Applied Soil Mechanics* — Edward Brothers Inc — Michigan — 1945

[17] — H. S. Jacoby e R. P. Davis — *Foundations of Bridges and Buildings* — Megraw — Hill Book Company, Inc — New York — 1941

[18] — G. A. Hool e W. S. Kinne — *Foundations, Abutments and Footings* — Mcgraw Hill Book Company, Inc — New York — 1943

[19] — T. Roadford Agg — *The Constrution of Roads and Pavements* — Mcgraw Hill Book Company, Inc — Now York — — 1940

[20] — A. G. Brince — *Highwai Design and Constrution* — International Text Book Company — Scranton, Pennsylvania — 1937

[21] — S. A. Kleyn — *Methods of Soil Testing as applied to the Design of Road Foundations* — Soil Laboratory — Salisbury — 1946 (?)

[22] — D. Boutet — *L'etat actuel de la téchnique routiere* — Science et Industrie — Paris — 1947

[23] — D. Krynine — *Soil Mechanics* — Mcgraw Hill Book Company Inc. — New York — 1941

[24] — R. S. Millard — *Á Survey of Existing Information on Dust Laying* — 1946

[25] — D. J. Maclean — *The Application of Soil Mechanics to Problems in Road Constrution* — 1947

[26] — A. H. D. Marckwick e A. F. Dobson — *Application of Electrosmosis to Soil Drainage* — Engineering — Londres — 1947

[27] — A. T. Y. Hayward e A. R. Lee — *Plastic and Surface — dressed White Line Road Markings* — 1947

[28] — A. R. Lee — *Non-Skid Bituminous Treatments for Road Surfaces* — 1947

[29] — R. S. Millard — *Jointing Materials for Concrete Roads* — 1946

[30] — W. Eastwood — *A Theory of overland Flow and its application to the Design of Drain Inlet Spacing on Roads* — 1946

[31] — Lee e Millard — *The use of 3/4 — in. Aggregate for Surface Dressing* — 1947

[32] — F. A. Shergold — *The Effect of Sieve Loading on the Results of Sieve Analysis of Natural Sands* — 1946

[33] — F. A. Shergold — *The Trade Group of Roadmaking Rocks* — 1947

[34] — D. J. Maclean e R. S. Bailey — *The Compaction of soil* — 1947

[35] — F. A. Shergold e M. G. Greysmith — *Factors Governing the Grading and Shape of Crushed Rock — A Survey of the Literature* — 1947

[36] — A. R. Lee e L. Maddison — *The Effect of Wet Westher on Surface Dressing with Tar* — 1947

[37] — H. S. Keep e A. R. Collins — *The German Motor Roads 1945-6* — 1947

[38] — J. L. Bonnefant — *Donnés Nouvelles sur la théorie des Chaussées en béton d'argile* — Travaux — Abril — Maio — Junho — Julho — 1946 — pág. 115

[39] — F. Kahnn — *L'essais de charge perfectionnés et la prévision des tassements sous une fondation* — Travaux — Agosto — 1939 — pág. 337

[40] — Duriez e Lucas — *Etude sur la mécanique des sables* = Travaux — Agosto — 1939 — pág. 327

[41] — J. M. Buisson — *Caracteristiques physiques et mecaniques des Sols* — Le Constructeur du Ciment Armé — Abril e seguintes — 1938-39 — pág. 49

[42] — J. M. Buisson — *Conditions de stabilité des fondation sur pieux* — Travaux — Março — Maio — Julho — Setembro — 1939 — pág. 123

[43] — P. Cafourier — *Le battage des pieux en beton armé. Experiences du Building Research Board britanique* — Le Génie Civil — Junho 1938 — pág. 540

[44] — E. E. de Beer — *Descriptions de quelques essais normaux effectués au laboratoire de géotechnic de l'Administration des Ponts et Chaussés installé à l'Université de Gand* — La Technique des Travaux — — Setembro — 1939

[45] — Yvon Poisson — *Les Essais geophysique pour la mésure des proprietés des sols et des terrains* — Le Genie Civil — 27 de Abril e 4 de Maio — 1940

[46] — Allemand — *La construction de barrages en terre compressée et la technique d'esais*

des terres en laboratoire — Travaux — Setembro — 1943

[47] — Edgar Schultze — *A estática do solo e a sua aplicação ao cálculo das fundações* — Técnica — Novembro — 1943 — pág. 499

[48] — J. E. B. Jennings — *Foundations Analysis by Soil Mechanics Principles* — Civil Engineering — Abril — Maio — 1938 pág 150

[49] — *Earth Roads Experiments on Soil Stabilization* — Civil Eng. — Outubro — 1940 pág. 288

[50] — Russel Allin — *Experimental Soil Mechanics* — Civil Eng. Junho a Novembro — 1943 — pág. 123

[51] — R. R. Minikin — *Practical Considerations on the Bearing Capacit of Ground* — Civil Eng. — Janeiro a Março — 1944 — pág. 4

[52] — H. E. Brooke — Bradley — *Stabilization of Roads Beds* — Civil Eng. — Julho — 1944 — pág. 152

[53] — H. R. Reynolds e P. Protopapadakis — *Practical Problems in Soil Mechanics* — Civil Eng. — Março de 1946 a Julho de 1947 — pág. 98

[54] — B. C. P. Kehoe — *The Specialists Functions in Pile Driving Operations* — Civil Eng. — Novembro de 1943 — pág. 240

[55] — H. P. Reynolds — *An Introduction to Practical Soil Mechanics* — Civil Eng. — Abril — 1944 — pág. 76

[56] — R. R. Minikin — *Exploration of Soil Conditions* — Civil Eng. Abril — 1944 — pág. 129

[57] — B. L. James — *Soil Engineering Simplified* — Civil Eng. — Agosto 1944 — pág. 172

[58] — Karl von Terzaghi — *Soil Mechanics — A New Chapter in Engineering Science* — Journal of the Inst. of Civil Eng. — Junho — 1943

[59] — G. P. Manning — *Column Strenght of Lond Piles of Steel, Timber, Cast Iron and Concrete* — Civil Eng. — Abril — 1946 — pág. 145

[60] — R. D. Chelis — *Piles and Pile Foundations* — Engineering News Record — vol. 136 — N.º 20 — 22 — 24 — 1946 — pág. 64

[61] — F. Vasco Costa — *Estacas para Fundações* — Técnica — Fevereiro a Julho — 1946 — pág. 737

[62] — W. S. Gray — *Shallow Foundations* — Concrete and Constructional Engeneering — Maio — 1936 — pág. 280

[63] — *Soil — Cement in Runway Construction* — Concrete — Setembro — 1941 — pág. 379

[64] — *Soil — Cement Runways* — Concrete — Julho — 1942 — pág. 251

[65] — *Machanical Distribuition in Soil — Cement Work* — Concrete — Março — 1943 — pág. 106

[66] — *Soil — Cement Paving* — Concrete — Setembro — 1943 — pág. 294

[67] — A. L. L. Baker — *The Soil — Line Method of Raft Design* — Concrete — Agosto — Setembro, Outubro, Dezembro — 1936 — Janeiro, Fevereiro, Maio, Junho — 1937 — pág. 421

[68] — J. P. Porter — *The Suporting Value of Piled and Other Deep Foudations* — Concrete — Junho — 1936 — pág. 319

[69] — C. B. Godfrey — *Moisture Testing for Soils* — Civil Eng. — Setembro — 1944

[70] — *A Method of Discovering Damage to Piles* — Concrete — Novembro — 1936 — pág. 589

[71] — R. V. Allin — *Pile — Driving Formulae as Applied to the Reinforced Concrete Pile* — Concrete — Junho — 1934 — pág. 357

[72] — *The Distribution of Soil Pressure Below a Column Footing* — Concrete — Março — 1936 — pág. 185

[73] — *Pressure on foundations* — Concrete — Abril — 1932 — pág. 249

[74] — W. A. Fairhurst — *Bridge Foundations* — Concrete — Outubro, Novembro, Dezembro — 1944 — Fevereiro, Março — 1945 — pág. 247

[75] — A. G. de Arangoá — *Elasticidad Teórica e experimental* — Dossat — Madrid — 1945

NOTA — Depois de pronunciadas estas lições, a literatura sobre Mecânica do Solo não cessou de aumentar. Permitimo-nos anotar alguns dos estudos mais importantes que têm sido publicados e nos chegaram às mãos:

[76] — Carlo Cestelli — Guidi — *Mecanica del terreno estabilitá della fondazioni* — Hoepli — Milão — 1947

[77] — *A Discussion of Highway Practice in the*

U. S. A. — American Road Builders Association — Chicago

78] — Fred L. Plumer e S. M. Dorie — *Soil Mechanics and Foundations* — Pitman — New York — 1940

[79] — D. W. Taylor — *Fundamentals of Soil Mechanics* — John Wiley & Sons — New York — 1948

[80] — Bernard H. Knight — *Soil Mechanics for Civil Engineers* — Edward Arnold & Co. London — 1948

[81] — B. Bolis e A. di Renzo — *Pavimentazioni stradali* — Hoepli — Milão — 1948

[82] — K. Terzaghi e R. B. Peck — *Soil Mechanics in Engineering Practice* — John Wiley & Sons — New York

[83] — *Proceedings of the Second International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering* — Rotterdam — 1948 (7 vol.)

[84] — L. I. Hewes — *American Highway Practice* — John Wiley and Sons — New York — 1942

[85] — H. Glidden, H. F. Law e J. E. Cowles — *Airports* — Mc Graw Hill — New York — 1946

[86] — *Soil — Cement Mixtures — Laboratory Handbook* — Portland Cement Association — Chicago

[87] — *Soil — Cement Mixtures — Construction Handbook* — Portland Cement Association — Chicago

[88] — *Granular Stabilized Roads* — Highway Research Board — Washington — 1943

[89] — *Soil — Bituminous Roads* — Highway Research Board — Washington — 1946

[90] — *Procedures for Testing Soil, Nomenclature and Definitions, Standard Methods, Suggested Methods* — American Association for Testing Meterials — Philadelphia — — 1944

[91] — *Standard Specifications for Higyway Materials and Methods of Sampling and Testing* (2 vol) — American Association of State Highway Officials — Washington — 1947

[92] — J. Prunet — *Routes et Pistes dans les Pays Neufs* — *Eyrolles* — Paris — 1948

É-nos completamente impossível anotar os numerosos artigos publicados em variadas revistas, neste intervalo.

BIBLIOTECA

PUBLICAÇÕES

Todas as publicações aqui indicadas, são pertença da Biblioteca da A. E. I. S. T.

C. D. 621.85 87

Transportes Industriales

Por M. M. y G. W. WILLAMSON

Tradução da 2.ª edição inglesa pelo Eng.º Mateu Sust

Editorial Reverté S. A. — Barcelona

Preço 150 pesetas

Constitui esta obra um excelente documentário sobre o material inglês para transporte industrial, tratando de todos os aspectos modernos do transporte mecânico, que permitem economia nos preços de custo e redução de esforço humano no trabalho industrial.

O livro é apresentado com bom aspecto gráfico, com excelentes esquemas e boas fotografias que elucidam o texto convenientemente, embora se notem algumas falhas o que aliás, os autores justificam no prefácio.

Divide-se a obra em quatro partes principais:

1.º — Transporte contínuo de materiais a granel em direcção horizontal.

2.º — Transporte contínuo de materiais a granel em direcção vertical.

3.º — Transporte de peças em forma de movimento contínuo horizontal ou vertical.

4.º — Transporte intermitente.

Movimento de terras, gruas, pontes rolantes, guindastes, ascensores e monta cargas.

Pelo seu conteúdo, apresentação e qualidade, é obra digna de figurar na biblioteca de qualquer boa instalação fabril ou engenheiro industrial.

C. D. 622 1 (69)

Minas de Ferro de Montemór-o-Novo

Por ADALBERTO AN DRADE, MARTINS DA SILVA REIS ARRUDA e SILVA GAMEIRO

1949 — Vol. 1 — Págs. 123 — 2 exemplares

C. D. 662.76

L'Industrie du Gaz d'Eclairage

Por L. CAUSSÉ et A. GOIX

Colecção Armand Colin — 192 págs. — 1950

Trata este livro do problema do gás de iluminação, estudando as várias fases do seu fabrico. Nota-se uma falta de detalhes técnicos, estando, porém, a questão teórica bem esmiuçada.

As questões tratadas são as seguintes:

1) Substância base do fabrico do gás (modo de jazida, suas propriedades e elementos constituintes).
2) Processo de destilação da hulha (estudo teórico e processos industriais).
3) Tratamento do gás
   a) límpesa física e química — processos industriais.
   b) Sub-produtos e seu tratamento.
4) Utilização do gás.
5) Sua distribuição.
6) Breves considerações históricas, jurídicas e administrativas sobre a indústria do gás.

Tem um certo interesse a maneira como está tratado o processo industrial de destilação da hulha, por meio de alguns esquemas elucidativos.

C. D. 624.024-012 4

Coberturas Onduladas de Betão Armado, com os Bordos Livres

Por F. SARMENTO CORREIA DE ARAÚJO

Revista de Engenharia — 1950 — Págs. 62

REVISTAS

		C. D.
Aeroplane (The), n.ºs 2035 a 2038	Inglaterra	629.13
Agros n.º 1, 1950	Portugal	63
Aircraft Engineering, n.º 256	Inglaterra	629.13
Anais do Club Militar Naval, Out.-Dez., 1949	Portugal	623
Análise, n.º 23	Portugal	016:53/54+62

		C. D.
Anuário Estatístico (1948) Estado da Índia		31
Arcos, n.º 117	Béglica	621.791.052
Arquitecto Constructor (El), n.º 696	Argentina	72
Boletim Cultural da Guiné Portuguesa, n.º 17	Guiné	7/9 (665.8)
Boletim da Junta de Exportação, n.º 7	Angola	382.6 (673)
Boletim da Junta Nacional da Cortiça, n.º 138	Portugal	634.985.5
Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa, n.ºs 11 e 12	Portugal	91.0
Brotéria, vol. LI, fasc. 1	Portugal	1/3+7/8
Bulletin des Etudes Portugaises et de L'Institut Français au Portugal, Tomo XIII	Portugal	1/3+7/8
Boletim Oficial do Governo da Colónia de S. Tomé e Príncipe, n.ºs 18 a 22		
Bulletin Technique de la Suisse romande, n.º 12		624/628+72
Câmara Municipal do Porto — Serviços Municipalizados de gás e electricidade — Relatório e contas da gerência do ano de 1949	Portugal	
Cemento y Hormigón, n.º 195	Espanha	666.9
Chronique des Mines Coloniales (La), n.ºs 167, 168	França	622
Ciencia y Tecnica, n.º 576	Argentina	62+66/69
Civil Engineering, n.º 528	Inglaterra	624/628
Courier (Le), Vol. III, n.º 5	Unesco	
Electrical Communication, n.º 1, vol. 27	E. U. A.	621.39
Electricité, n.º 162	França	621.3
Electrotecnica (L'), n.ºs 3, 3b, 4, 5	Itália	621.3
Engenharia, n.º 11-12	Portugal	62+66/69
Engineering, n.ºs 4403 e 4404	Inglaterra	62+66/69
Estudos (C. A. D. C.), n.º 287	Portugal	1/2+8
Excavating Engineer, Junho, 1950	E. U. A.	624.1
Ferronales, n.º 28, tomo XIX, n.º 29	México	625.1/6
Gazeta dos Caminhos de Ferro, n.ºs 1500, 1501	Portugal	385
Gazeta de Matemática, n.ºs 41-42	Portugal	51
Gazeta de Normalização, n.º 4	Portugal	389.6 (469)
Indice Cultural Español, n.º 53	Espanha	016:1/9 (46)
Indústria Portuguesa, n.º 266	Portugal	62+66/69
Industrie des Plastiques Modernes, n.º 3	França	679.5
Ion, n.º 106	Espanha	66
Máquinas e Metais, Junho de 1950	Portugal	621.9+546.3
Mensário das Casas do Povo (S. N. I.), n.º 49	Portugal	(05) (061)
Metallurgia, n.º 248	Inglaterra	669
Metallurgia Italiana (La), n.º 4	Itália	669
Meteorologia e Climatologia — Resumo das observações efectuadas nos postos oficiais da Colónia de Cabo Verde — Anos de 1945, 1946, 1947		551.5
Natura, n.º 63		
Ossature Metalique, n.º 6, Junho de 1950	Bélgica	624.014
Revista Industrial y Fabril, n.º 44	Espanha	66/68:621
Revista de Obras Públicas, n.º 2822	Espanha	624/628
Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 77	Portugal	62+66/69
Revista do Sindicato Nacional dos Engenheiros Auxiliares e Agentes Técnicos de Engenharia, n.º 49-50, 51-52	Portugal	62+66/69
Science et Vie, n.ºs 394	França	5+6
Voz de S. Tomé (A), n.º 60		

FICHEIRO

Ensino

C. D. 378.12

Higher Technological Education — *Tolley.*
Metallurgia, 6-950, vol. 42, n.º 248, págs. 18-20.

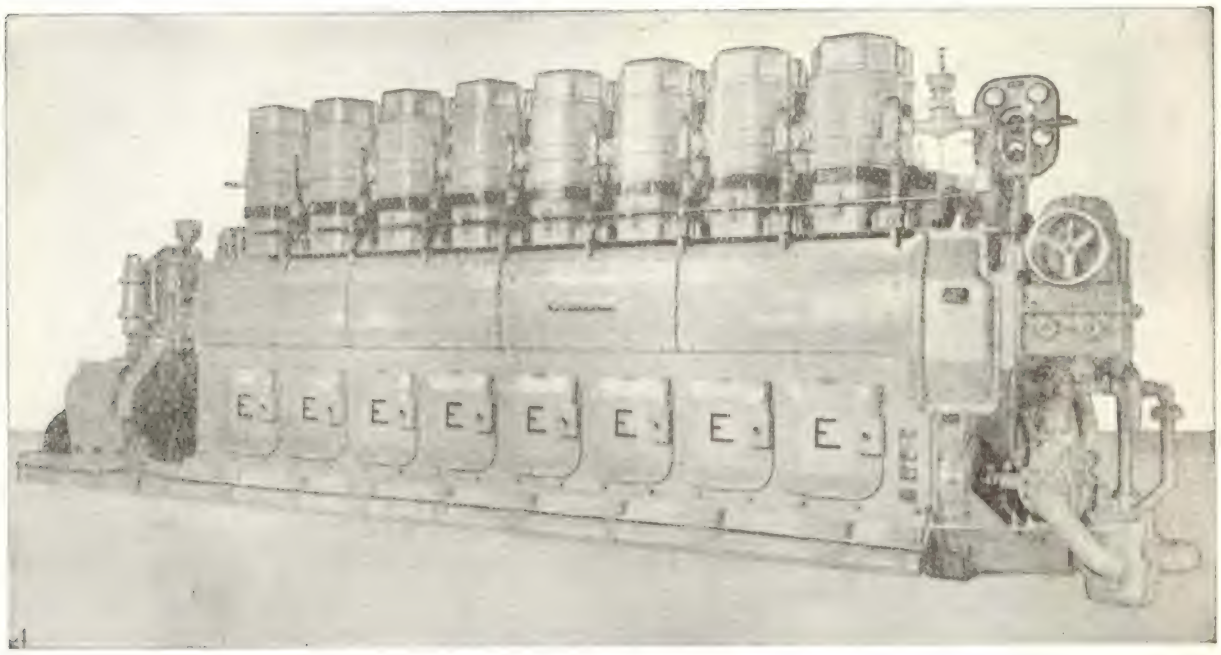
Ensaios de materiais

C. D. 620.172.251.2

Design and Construction of Equipment for a Small Stress-Rupture Creep Laboratory — *F. C. Child.*
Metallurgia, 6-950, vol. 42, n.º 248, págs. 37-44.

ENTERPRISE

ENGINE & FOUNDRY COMPANY — U. S. A.



MOTORES DIESEL MARÍTIMOS — MOTORES DIESEL ESTACIONÁRIOS

GRUPOS DIESEL-GERADOR

45 a 2100 HP — **200 a 850 RPM** — **3 a 8 cilindros**

- Bloco de cilindros fundido numa só peça.
- Base fundida numa só peça.
- Camisas em contacto directo com a água.
- Cabeças de cilindro individuais.
- Cambota em aço forjado.
- Tirantes em aço forjado, Tipo marítimo.
- Bombas de injecção individuais.
- Válvulas em aço « SILICHROME »
- Lubrificação forçada.
- Balanceiros com sistema hidráulico para eleminação de folga.
- Válvula de arranque em todos os cilindros.
- Com ou sem sobre-alimentação.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA — SERVIÇO CONTÍNUO — ECONOMIA

REPRESENTANTES:

• TERMO-MECANICA •

LIMITADA

AVENIDA ALMIRANTE REIS, 247, 1.º — **LISBOA**

Turbiuas a vapor

C. D. 621.125

Pametrada Research Station the Parsons and Marine Engineering Turbine Research and Development Association.

Metallurgia, 6-950, vol. 42, n.º 248, págs. 22/27.

Caminhos de ferro

C. D. 621.135.2.004.6+625.2

Um problema ferroviário. As fendas térmicas nas rodas monobloco — *Almeida e Castro.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, 5-950, n.º 77, págs. 207/218.

C. D. 625.24

Fabrication à la chaine de wagons tombereaux TWT pour les Chemins de Fer Français — *Arcos.*

Arcos, 4-950, n.º 117, págs. 2906/2910.

Produção de energia eléctrica

C. D. 621.311.21 (43-13)

Centrais hidroeléctricas do Sul da Alemanha — *José Rafael Baptista Júnior.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, 5-950, n.º 77, págs. 218/242.

Tracção eléctrica

C. D. 621.33 (73)

Le développement de la traction électrique aux U. S. A. — *G. Genin.*

Electricité, 6-950, n.º 162, págs. 159/164.

Televisão

C. D. 621.397

Les projections de télévision dans les grandes salles — *Hérmardinquer.*

Electricité, 6-950, n.º 162, págs. 169/171.

Técnica da produção do frio

C. D. 621.56:621.3

L'électricité au service de l'industrie frigorifique — *V. Archer.*

Electricité, 6-950, n.º 162, págs. 147/152.

Soldadura eléctrica

C. D. 621.791.7

Fabrication et réparation d'outils tranchants par souddage à l'arc électrique — *Danhier et Sagan.*

Arcos, 4-950, n.º 117, págs. 2891/2905.

Minas

C D. 622.63

Les wagonetes modernes pour mines — *Barbier.*

Arcos, 4-950, n.º 117, págs. 2915/2919.

Estradas

C. D. 625.712.35 (71)

Canada's First Subway — *Nesbiit.*

6-950, vol. XLIV, n.º 6, págs. 20/23.

Aproveitamentos hidroeléctricos

C. D. 626/627 (73)

Obras Hidraulicas en los Estados Unidos — *José António Garcia. — Diego*

Revista de Obras Públicas, 6-950, n.º 2822, págs. 279/287.

C. D. 627.82

Modern Trends in Arch Dam Construction and Design — *Charles Jaeger.*

Civil Engineering, 5-950, vol. 45, n.º 527, págs. 304/306.

Locomoção. Indústria dos transportes

C. D. 629.135.4

Helicopter Development and Construction — *Igor Bensen.*

The Aeroplane, 30-6-950, vol. LXXVIII, n.º 2038, pág. 740/743.

Registo e reprodução do som

C. D. 681.85:534.85

Le sé chage par rayons infra-rouges des rubans d'enregistrement magnétique des sons dans une usine moderne.

Electricité, 6-950, n.º 162, págs. 153/154.

Cinematografia

C. D. 778.5

La Cinématographie à haute fréquence — *Deribere, Maurice.*

Electricité, 6-950, n.º 162, págs. 165-168.

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

•

CONDUTORES ELÉCTRICOS

C E L

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

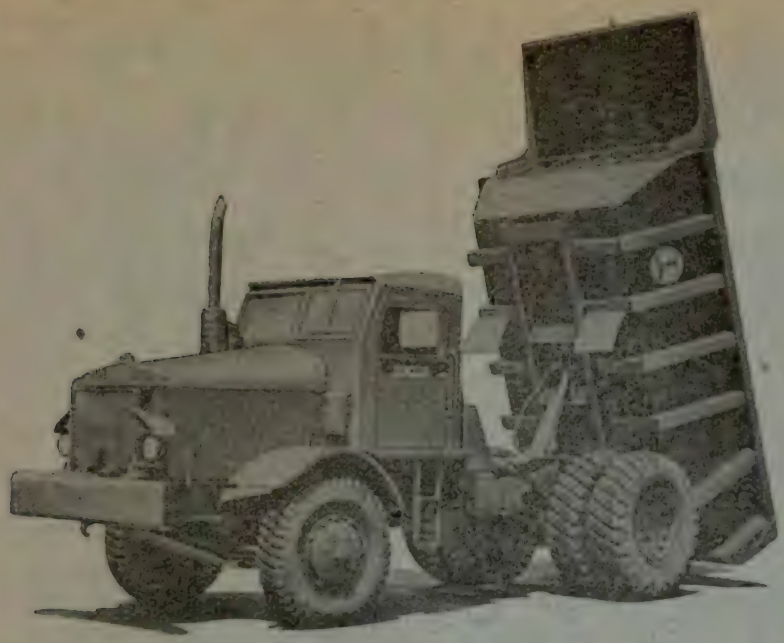
•

CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuidora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA



EUCLIDS

DISPONÍVEIS NA
ÁREA DO ESTERLINO

Entregas no princípio de 1951

Com um completo
serviço de após vendas
por

BLACKWOOD HODGE (PORTUGAL), L.DA

Praça da Alegria 58, 5.º A

LISBOA

Telefones 3 2064 — 3 2065

Inglaterra, E. U. A., Espanha, Bélgica, Africa do Sul, Africa Oriental, Africa Ocidental, Rodésia do Norte e do Sul, Congo Belga, Angola, Moçambique, Índia, Paquistão, Ceilão, Burma, Austrália

MÁRMORES

aos melhores preços

Em todas as aplicações

IIII

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

IIII

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA

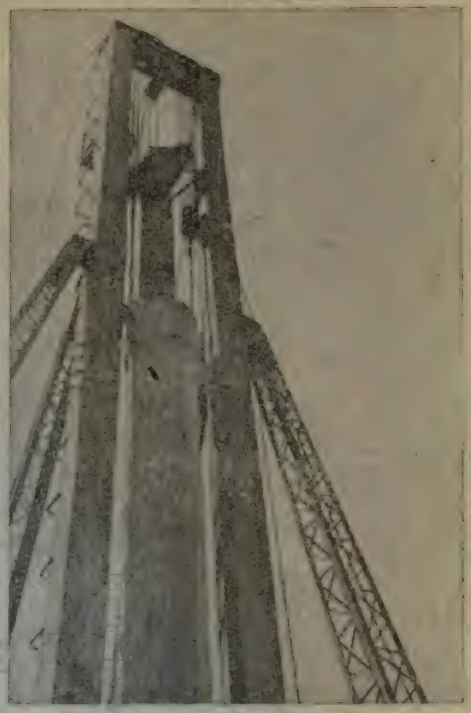
CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LIMITADA

PRAÇA DO MUNICÍPIO 13, 3.º

TELEF. 22344

LISBOA

FUNDAÇÕES



Máquina para execução de estacas

AUTOMATIC TELEPHONE & ELECTRIC CO. LTD.

Inventores e Fabricantes de Equipamento de Telecomunicação

Estações Telefónicas Strowger para grupos de redes de todas as capacidades	Estações directoras para grandes áreas de população. Estações automáticas principais e satélites. Estações automáticas e interurbanas. Estações manuais. Estações automáticas particulares. Sistemas telefónicos de botão para 5 15 linhas com ou sem estação principal de altifalante.
Equipamento de Transmissão	Sistemas de altas frequências, simples e de três, doze e vinte e quatro vias para linhas aéreas ou cabos subterrâneos. Sistemas telegráficos de altas frequências de seis, doze, dezoito e vinte e quatro vias. Bobinas de carga Cristais de quartzo. Repetidores de altas frequências e de áudio-frequências.
Equipamento de Sinalização	Aparelhagem para ensaios de transmissão. Sistemas de sinalização e marcação a frequência vocal, adoptando os códigos C. C. I. P. Equipamento de sinalização por correntes de 500/20 p. p. s. Sistemas de impulsos a longa distância, com c. c. Equipamento de marcação 50 p. p. c.
Equipamento de Controle à Distância	Sistemas de controle à distância com indicação e telemetragem para as seguintes aplicações: Grupos de redes de distribuição de energia. Comboios electricos, eléctricos e outros meios de transporte. Grupos de redes de distribuição de gás. Grupos de redes de distribuição de água. Ritmático Controle para sistemas de iluminação de ruas, selecção de cargas, etc.
Sistemas de sinalização de correntes fracas	Telefones de minas e equipamento de sinalização.

Automática Eléctrica Portuguesa, S. A. R. L.

Av. António Augusto de Aguiar, 19-3.º Esq.—LISBOA

FÁBRICA: *Av. Infante D. Henrique (Cabo Ruivo)*—LISBOA

INGERSOLL—RAND, L.DA

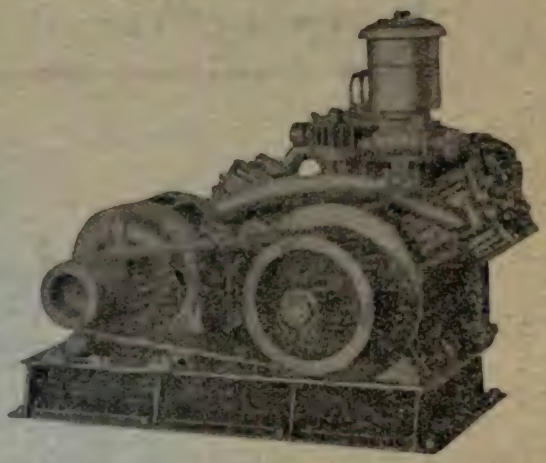
Compressores — Material para minas

Ferramentas Pneumàticas

Bombas centrífugas — Guinchos eléctricos e a ar comprimido

Condensadores de vapor — Motores «Diesel»

Equipamentos de refrigeração



Largo do Corpo Santo, 28-2.°

LISBOA

Telef. 2 9671 Teleg. INGERSOLL

No Porto
RUA S. CATARINA, n.° 160-3.°
Telefones 2 6997/98

Nas Colónias
METROCOL, LDA.
LUANDA

Para equipamento de garagem
C. SANTOS, LDA.
LISBOA PORTO COIMBRA

AZEVEDO & PESSI, L.DA

RUA NOVA DO ALMADA, 46

LISBOA—PORTUGAL

TELEGRAMAS: PESSIL-LISBOA — TELEFONES: 29879-24495-20354

MÁQUINAS, EQUIPAMENTO, INSTALAÇÕES

Representantes de:

EMILE HAEFELY & C.ie S. A. — Basileia — Suíça
Transformadores de potência e medida, Condensadores estáticos, Rebobinagem de máquinas eléctricas, Material isolante

SPRECHER & SCHUH, S. A. — Aarau — Suíça
Aparelhagem eléctrica, Disjuntores-Ortojectores

MEIDINGER, S. A. — Basileia — Suíça
Motores e ventiladores eléctricos

BAUME & MARPENT, S. A. — Haine St. Pierre — Bélgica
Material de caminhos de ferro, Pontes, Gasómetros

HEINRICH FLOTTMANN G. m. b. H. — Herne — Alemanha
Equipamento perfurador, Demolidores, Compressores, Martelos

BERKEFELD FILTER GESELLSCHAFT, m. b. H. — Celle — Alemanha
Filtros para água, vinho, óleos. Instalações de depuração e amaciamento de água, desferrização

ESCH-WERKE K. G. — Duisburgo — Alemanha
Britadoras, trituradoras, instalações de tratar pedras

W. HARTMANN & C.a — Hamburg — Alemanha
Escavadoras, transportadores de lata, Scrapers, Vagonetas, Carris, Aços

THEODOR TILEMANN K. G. — Gevelsberg — Alemanha
Cabos de aço, cadeias, correntes

COMPANHIA PORTUGUESA DO COBRE, S. A. R. L. — Contumil — Porto
Cobre, latão, alumínio e respectivas ligas

WORTHINGTON

A MAIOR ORGANIZAÇÃO MUNDIAL NO FABRICO DE:

Bombas de todos os tipos dos quais estão instaladas em Portugal unidades de potência superior a 3.000 HP.

Para entrega imediata: Bombas para trasfega de azeite e outros óleos, Grupos Moto-Bombas Diesel e a petróleo, Grupos Electro-Bombas.

Compressores de ar de todas as potências, desde a pequena unidade para garagens até às maiores unidades industriais.

Instalações Frigoríficas
Turbinas de Vapor e Turbo Geradores
Motores Diesel e Grupos Electrogénios

ENTREGAS RAPIDAS

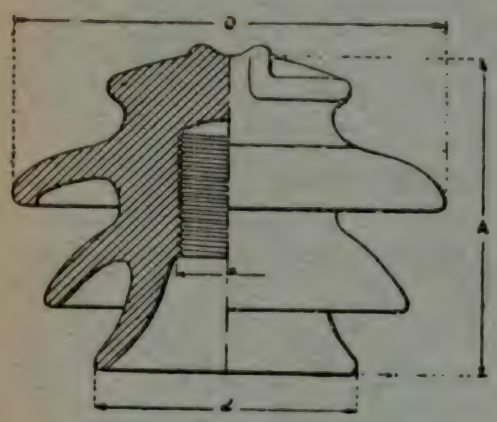
Fábricas na:
América, Inglaterra, França e Espanha

Representantes exclusivos
H. VAULTIER & C.ª
Em toda a parte do Império Português

Fábrica de Porcelana da Vista Alegre, L.da

FUNDADA EM 1824

LISBOA — Sede: Largo da Biblioteca, 17 — Fábrica em Ilhavo — AVEIRO



Além de porcelanas domésticas e artísticas fabrica em larga escala

PORCELANAS PARA USOS INDUSTRIAIS

E PORCELANAS ELÉCTRICAS DE BAIXA E ALTA TENSÃO

DEPOSITOS:

LISBOA — Largo do Chiado, 18 — Rua Cândido dos Reis — PORTO

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORP

- EQUIPAMENTOS PARA TODOS OS GÉNEROS DE COMUNICAÇOES ELÉCTRICAS por rádio e por circuitos metálicos.
- EQUIPAMENTOS DE TODAS AS POTÊNCIAS PARA RADIODIFUSÃO E TELEVISAO.
- GRANDES E PEQUENAS CENTRAIS TELEFONICAS, manuais e automáticas.
- TODO O GÉNERO DE APARELHAGEM MANUAL E AUTOMÁTICA para instalações telefónicas e telegráficas.
- FORNOS ELÉCTRICOS desde pequenas potências, com aquecimento por correntes de radiofreqüência.
- SISTEMAS PATENTEADOS, DE ANTENAS de alta eficiência.
- CABOS DE TODOS OS TIPOS para comunicações em tôdas as freqüências e para transporte de energia.

Telefone 2 3111/2/3 Rua Augusta, 27 LISBOA

FORNOS ELÉCTRICOS PARA FUSÃO

FUSÃO RÁPIDA, ECONÓMICA E CONTROLADA

— Fornos «*Birlec-Detroit*» de arco, basculantes, para latão, bronze, cobre, ligas de ferro, etc.

— Fornos «*Birlec-Lectromelt*» de arco para aço e ferro.

— Lares anteriores *Birlec* para fornos de cúpula para sobreaquecimento de ferro em fusão.

— Fornos «*Birlec-Tama*» de indução, de baixa frequência, para alumínio e ligas leves.

— Fornos «*Birlec-Northrup*» de indução, de alta frequência, para metais ferrosos e não ferrosos.

DESDE PEQUENOS FORNOS DE LABORATORIO
ATE ÀS UNIDADES DA MAIS ALTA PRODUÇÃO

BIRLEC **LIMITED**

TYBURN ROAD • ERDINGTON • BIRMINGHAM 24

AGENTES PARA OS FORNOS ELÉCTRICOS DE FUNDIÇAO:

GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA, S. A. R. L.

RUA DO NORTE, 5 **LISBOA** **Telefones: 2 8135/6**

AGENTES PARA OS FORNOS ELÉCTRICOS PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS:

AHLERS, LINDLEY, L.DA

RUA DO FERREGIAL DE BAIXO, 33, 2.º — LISBOA — Telefones: 2 1321/4

A GENERAL ELECTRIC NO CAMPO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Central Hidro-Eléctrica contendo 10 grupos com alternadores verticais GENERAL ELECTRIC de 60.000 KVA, cada, instalada na barragem de Bonneville, no Rio Columbia, Estado de Oregon, E. U. A.

GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, S. A. R. L.

LISBOA

Rua do Norte, 5

FILIAL NO PORTO

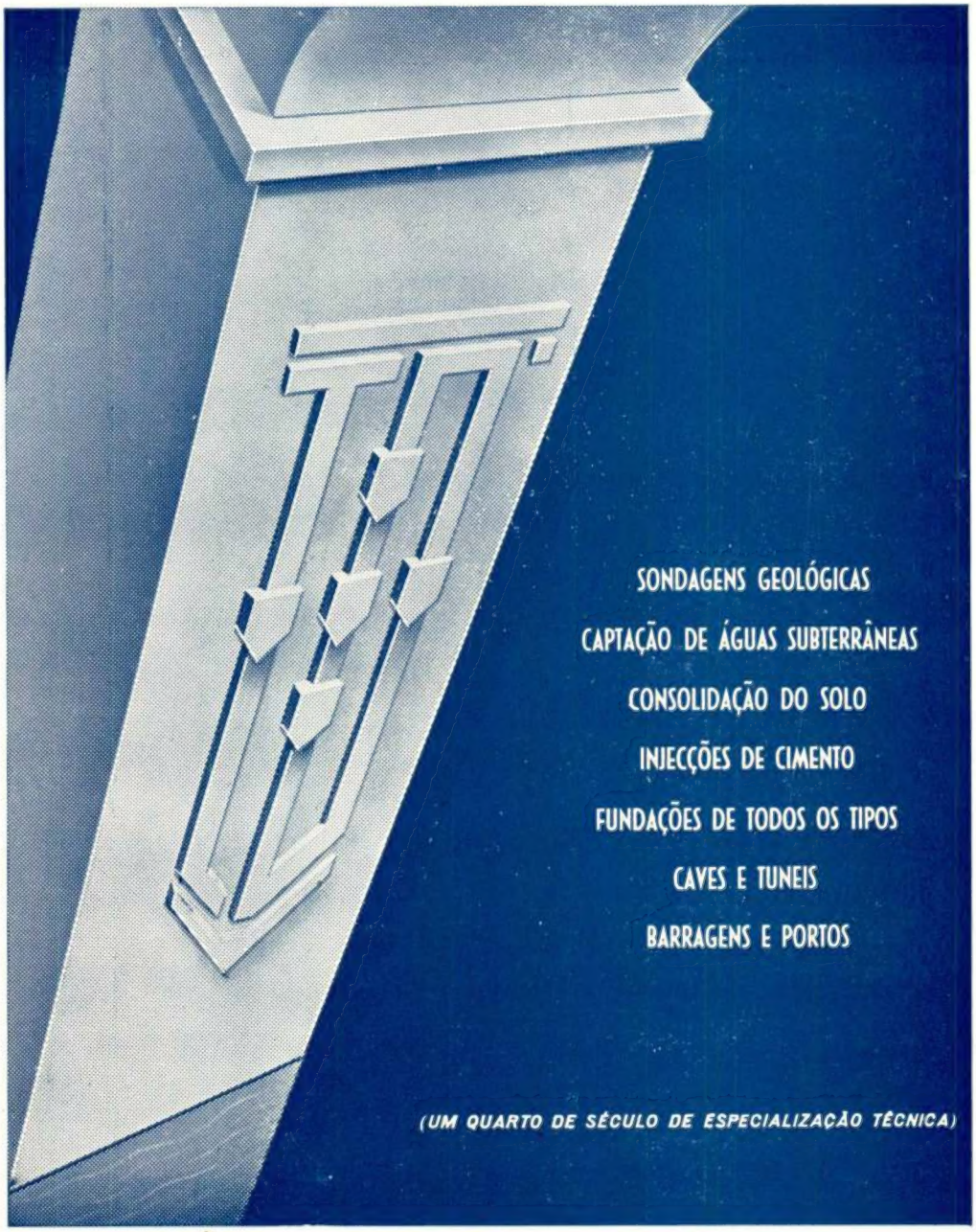
R. Sá da Bandeira, 585

Emprêsa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

RUA DA BETESGA, 57. 3.°
TELEF. 3 2774

LISBOA



SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

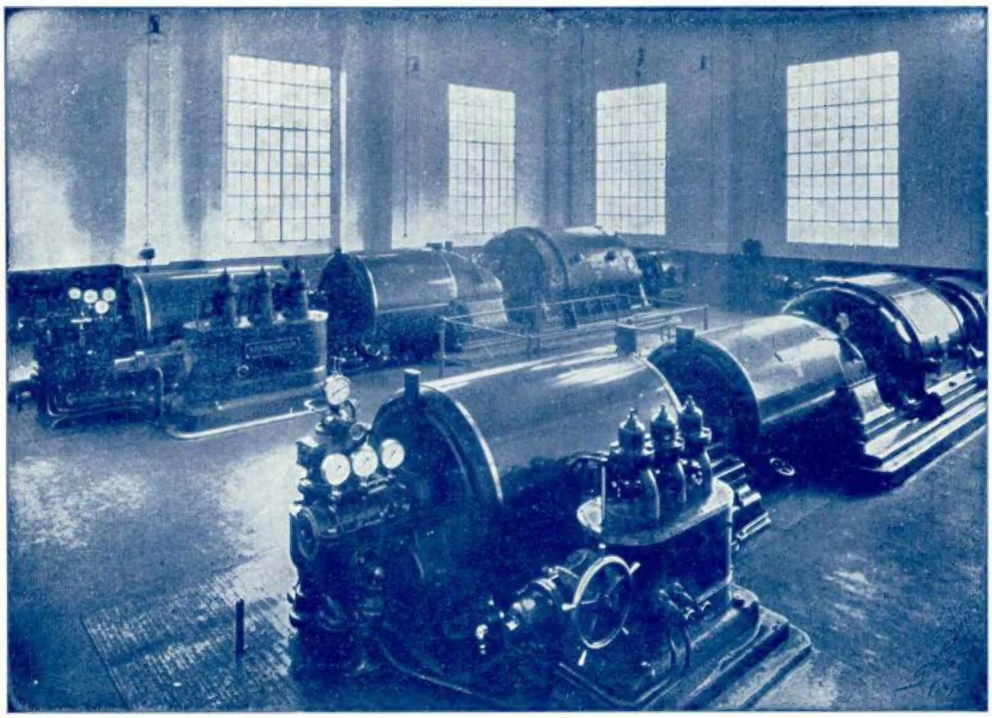
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Praça de D. João I, 25, 3.º Dir. // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, Material de alta frequência, Telegrafia, Telefonia, Telecomando, etc.



S. A. União Eléctrica Portuguesa — Setúbal
Turbo-grupos de 6.400 kW

Previnem-se os nossos assinantes e anunciantes que a Revista suspende, como de costume, a sua publicação durante os meses de férias.

17255